HALIOTIS

1984-VOL.14

SYMPOSIUM DE CONCHYLICULTURE MEDITERRANEENNE

ILE DES EMBIEZ (VAR-FRANCE)

8-9 SEPTEMBRE 1983

PUBLIÉ PAR LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MALACOLOGIE

Nº ISSN0397.765 X

SOCIETE FRANCAISE DE MALACOLOGIE
fondée en 1969

SIEGE Social : 55, rue de Buffon, 75005 PARIS - Tél. 331-38-95

La Société Française de Malacologie a été fondée le 29 janvier 1969. Elle a pour but d'encourager, de développer toute étude concernant les Mollusques actuels et fossiles, de faciliter les relations entre les malacologistes et de les documenter sur les recherches en cours dans les différents laboratoires de France ou d'autres pays. L'association est dirigée par un Conseil d'Administration de douze membres élus pour trois années par l'Assemblée Générale ordinaire.

Les demandes d'adhésion sont ratifiées par le Conseil d'Administration ; aucune condition particulière n'est exigée pour être membre, personne physique ou personne morale. Le montant annuel de la cotisation sera, à partir de 1979, de 75 F pour les personnes physiques (non étudiants), 50 F pour les étudiants, 100 F pour les personnes morales (Laboratoire, Bibliothèques, Librairies, Sociétés ...), 10 F pour le bulletin "ELONA". Les demandes des anciens numéros d'Haliotis sont fixées à 100 F.

Chaque membre de la Société reçoit : 1°) la revue "HALIOTIS" (1 volume de 1 ou 2 numéros, séparés ou reliés, par an). 2°) le bulletin "ELONA" (1 numéro par an). 3°) des circulaires d'information. 4°) des circulaires bibliographiques (travaux malacologiques reçus au Siège social de la S.F.M.

Toute demande d'adhésion ou de renseignements doit être adressée au Secrétariat de la Société.

Directeur de la publication : le Président de la S.F.M.

Secrétaires de rédaction et Gérants du volume : Claude POIZAT et Nardo VICENTE.

Imprimé à Marseille
Faculté des Sciences et Techniques
St-Jérôme - 13013 Marseille

Dépôt légal : 1° trimestre 1984

HALIOTIS

[illegible] - VOL. [illegible]

SYMPOSIUM DE CONCHYLICULTURE MEDITERRANEENNE

ILE DES EMBIEZ (VAR FRANCE)

[illegible] SEPTEMBRE [illegible]

[illegible]

HALIOTIS

1984 - VOL.14

SYMPOSIUM DE CONCHYLICULTURE MEDITERRANEENNE

ILE DES EMBIEZ (VAR-FRANCE)

8-9 SEPTEMBRE 1983

PUBLIÉ PAR LA SOCIÉTÉ FRANCAISE DE MALACOLOGIE

Nº ISSN0397.765 X



COMITE D'HONNEUR

Yves SILLARD
Président directeur général
du Centre national pour l'exploitation des océans

Jean-Paul TROADEC
Directeur général de l'Institut Scientifique et Technique
des pêches maritimes

Paul RICARD
Président fondateur
de la Fondation océanographique Ricard

Jean-Charles ARNAUD
Président

Alain BOMBARD
Délégué général

PRESIDENTS

Pr.Nardo VICENTE
Président de la Société française de Malacologie

Pr. J. ALVAREZ
Président de la Société espagnole de Malacologie

COMITE D'ORGANISATION

Pr. Nardo VICENTE

Claude POIZAT
Vice - Président

Monique HENRY
Laboratoire de Biologie Marine
Faculté Marseille Saint-Jérôme

Henri MASSE
Maître de recherche au CNRS, Marseille, Endoume

Michèle PRELEUR
Fondation océanographique Ricard

Alain RIVA
Chargé de Recherches

André SEGUI
Secrétaire général

PATRONAGES

Centre national pour l'exploitation des océans
Institut scientifique et technique des pêches maritimes
Ministère des Relations extérieures
Ministère de l'Agriculture
Ministère de l'Education nationale
Secrétariat d'Etat à l'Environnement
Secrétariat d'Etat à la Mer

S O M M A I R E



OUVERTURE SYMPOSIUM DE CONCHYLICULTURE MEDITERRANEENNE
PAR LE PRESIDENT DE LA SOCIETE FRANCAISE DE MALACOLOGIE

Chers collègues, chers amis,

Avant de passer la parole à notre collègue J. ALVAREZ, Président de la Société Espagnole de Malacologie, je voudrais souhaiter la bienvenue à ceux qui, parmi vous, n'ont pas participé au Congrès et arrivent tout spécialement pour ce Symposium de Conchyliculture méditerranéenne, Pourquoi ce Symposium ?

Je pense qu'il arrive fort à propos. En effet la conchyliculture méditerranéenne est en pleine mutation. D'autres que moi vous le diront et en particulier le Dr. RAIMBAULT, Directeur à l'ISTPM, lors de son rapport introductif.

La production méditerranéenne de coquillages concerne notamment les moules, à un degré moindre les huîtres et les Vénérides. La conchyliculture est une activité qui peut être hautement productive et rentable aussi bien sous l'aspect biologique que sous l'aspect économique à condition de réaliser un effort d'innovation en ces domaines.

La conchyliculture en effet requiert peu d'investissements par rapport à ce qu'elle est capable de produire dans des milieux adaptés. Il n'en est pas de même pour l'aquaculture nouvelle, surtout de mode intensif.

La seule forme de mytiliculture connue en Europe jusqu'à la fin du XIXe siècle était l'élevage sur bouchots qui était en vigueur en France depuis le XIIIe siècle dans des secteurs limités, la règle étant l'exploitation des gisements naturels. Au cours du siècle dernier, deux nouveaux modes de culture apparurent ; la culture à plat tout d'abord en Hollande vers 1860 et la culture en suspension en Espagne en 1846. Cette technique ne prenant son essor qu'un siècle plus tard.

Parmi les producteurs de moules, la France occupe la troisième place ; elle vient derrière l'Espagne et les Pays-Bas et précède le Danemark et l'Italie dont nous regrettons l'absence à ce Symposium.

En Algérie et en Tunisie, malheureusement, les coquillages sont très peu consommés malgré leur richesse nutritive. Ainsi par exemple le seul centre de conchyliculture en Tunisie est situé au Lac de Bizerte dont la production en huîtres et moules est peu élevée et pourrait être sensiblement accrue.

En 1976, ce sont environ 40.000 tonnes qui ont été produites en Méditerranée française et près de 41.000 en 1977. En 1978 et 1979, il y aurait eu respectivement 50.410 et 61.907 tonnes. Cette production est cependant très insuffisante car la France est obligée d'importer (principalement des Pays-Bas) entre 28 et 46 % des moules vendues à la consommation (huîtres).

La production d'huîtres pour la France était de 105.000 tonnes en 1979 et 70.000 tonnes importées.

La conchyliculture en Méditerranée française est essentiellement développée dans les lagunes saumâtres : étangs de Thau, Salses, Leucates sur le continent et de Diane et d'Urbino en Corse.

Quelques exceptions toutefois avec les concessions myticoles de la rade de Toulon, actuellement en voie de régression, et les exploitations de captage et d'élevage de naissain de moules dans l'anse de Carteau (près de Fos-sur-Mer). La production de l'étang de Thau représente environ 90 % de la production totale de la Méditerranée française. Actuellement, une extension des concessions semble vouloir se développer sur la frange littorale en des secteurs présentant de grandes possibilités de captage et d'élevage de moules et d'huîtres plates.

Dans ce domaine les recherches sont poursuivies par l'ISTPM en collaboration avec les groupements professionnels afin de faire progresser et de mettre au point une technologie d'élevage adaptée à ces milieux.

On peut estimer que la plupart des potentialités conchylicoles en milieu lagunaire sont actuellement exploitées sur la façade méditerranéenne française. Il faut donc rechercher de nouvelles voies de développement.

Le développement de la conchyliculture sur la frange littorale est une possibilité non négligeable et des essais de l'ISTPM entre 1972 et 1976 ont montré que ce secteur marin offre d'énormes possibilités pour le captage de naissain d'huîtres plates et d'élevage d'autres mollusques, notamment les moules. On pense que l'exploitation de ce milieu permettrait un accroissement de la production de moules de l'ordre de 100.000 t/an.

Ainsi, de nouvelles voies pour l'élevage des moules sont en cours d'expérimentation. Ce sont essentiellement :

- les élevages sur le fond dans des cadres métalliques,
- les élevages en suspension sur des filières qui se développent aussi bien en Languedoc-Roussillon qu'en Provence Côte d'Azur jusqu'à des profondeurs assez importantes.

Ces développements conchylicoles en mer ouverte intéressent certains scientifiques qui, en collaboration avec les professionnels, lancent de nouvelles recherches indispensables pour l'évaluation des potentialités offertes par ces divers secteurs littoraux.

De nombreux travaux concernant l'alimentation, la croissance, la résistance du naissain à divers types et conditions de milieu et des pollutions, le choix des sites lié à ces pollutions sont actuellement en cours.

De tout cela nous parlerons durant ce symposium qui nous permettra de faire le point sur ces problèmes et je l'espère, de faire progresser les connaissances dans le domaine de la conchyliculture méditerranéenne.

Le Président

Professeur Nardo VICENTE

MARSEILLE - FRANCE

ADRESSE DU PRESIDENT DE LA SOCIETE ESPAGNOLE DE MALACOLOGIE

Monsieur le Président, Chers Collègues,

C'est pour moi un honneur et un plaisir de pouvoir vous adresser la parole à cette occasion. Mais il est dommage que ce Symposium que j'avais proposé il y a deux ans à Paris entre français, espagnols et italiens, soit devenu finalement un symposium franco-espagnol seulement. Cela est dû nous le savons à l'existence du Congrès de l'Unitas Malacologica à Budapest, la dernière semaine d'Août. Malgré cela nous devons considérer notre Symposium non pas comme une manifestation isolée, mais l'une des premières réunions internationales sur la Mer Méditerranée, car je crois que cette belle Mer, la "mare nostrum" des romains est encore "nostrum", et ce sont tous les peuples qui vivent sur ses rivages qui se doivent de s'occuper et d'étudier sa faune et sa flore, afin de pouvoir l'utiliser sans la polluer et la transformer dans quelques années en un cloaque d'eau sale et sans vie.

Pour nous, la partie la plus importante de notre mer, c'est sans doute la partie occidentale avec ses 6 nations : la France, l'Italie, la Tunisie, l'Algérie, le Maroc et l'Espagne. Je crois que les chercheurs de ces nations doivent tenir des réunions périodiques pour exposer les résultats de leurs recherches et demeurer ainsi en relation et communication permanentes, mais en même temps il doit exister une collaboration aussi étroite que possible entre nous tous.

On peut dire que les Mollusques sont sans conteste les Invertébrés les plus abondants dans le milieu marin, et de même on peut dire que c'est le groupe d'animaux qui fait la liaison entre divers autres groupes animaux et végétaux au plan écologique. Pour cela, nous malacologistes, nous devons apporter des réponses et résoudre de nombreux problèmes comme l'exploitation rationnelle de la mer et surtout comme celui de la pollution, afin de pouvoir maintenir dans l'avenir cette belle mer, la "mare nostrum", propre et pleine de vie.

Qu'il me soit permis en terminant de remercier le Professeur VICENTE, Président de la Société Française de Malacologie de m'avoir invité à ce Ve Congrès et à la Fondation Océanographique RICARD de m'avoir accueilli dans ses locaux.

Professeur Julio ALVAREZ

MADRID-ESPAGNE

PROGRAMME

Jeudi 8 septembre

MATIN 9 h 30 Ouverture du Symposium par les Présidents des Sociétés française et espagnole de Malacologie : Pr. N. VICENTE et Pr. J. ALVAREZ.

10 h. Rapport introductif de M. RAIMBAULT R. La conchyliculture en Méditerranée française.

10 h 30 Communications du Symposium.

THEME I : Reproduction - Croissance - Evaluation des stocks.
Président de séance : Pr. A. LUCAS.

10 h 30 - 10 h 45. PARACHE A.
Variations de l'effort de reproduction en fonction de l'âge des individus dans une moulière naturelle de *Mytilus galloprovincialis* Lmk. en Méditerranée occidentale.

10 h 45 - 11 h. ABADA-BOUDJEMA Y., ALTES J. et MOUEZA M.
Croissance comparée de deux espèces de moules, *Mytilus galloprovincialis* Lmk. et *Perna perna* L. dans une moulière naturelle de la baie d'Alger.

11 h - 11 h 15. BERTHOME J.P., PROU J., RAZET D. et GARNIER J.
Première approche d'une méthode d'estimation prévisionnelle de la production potentielle d'huître creuse *Crassostrea gigas* d'élevage.

11 h 15 - 11 h 30. Pause.

11 h 30 - 12 h. Rapport de LUBET P.
Biologie de la reproduction de Mollusques bivalves d'importance commerciale en Méditerranée.

12 h - 12 h 30. Discussion.

SOIR

THEME II : Relations trophiques - Parasitologie.
Président de séance : RAIMBAULT R.

14 h 30 - 14 h 45. BODOY A. et PLANTE-CUNY M.R.
Relations entre l'évolution saisonnière des populations de palourdes et celles des microphytes benthiques et planctoniques (Golfe de Fos, France).

14 h 45 - 15 h. DESLOUS-PAOLI J.M. et HERAL M.
Transferts énergétiques entre la nourriture potentielle disponible dans l'eau d'un bassin ostréicole et l'huître juvénile Crassostrea gigas.

15 h - 15 h 15. POLANCO E., MONTES J., OUTON M.J. et MELENDEZ I.
Situation pathologique du stock d'Huîtres plates en Galice (Espagne) en relation avec Bonamia ostreae.

15 h 15 - 15 h 30. BARTOLI P.
Distomatose des Lamellibranches sur le littoral méditerranéen français.

15 h 30 - 16 h 30. - Rapport : FERLIN Ph. La conchyliculture en Méditerranée du Sud-Est.
16 h 30 - 17 h - Discussion.

17 h - 18 h - Séance Posters dans la salle d'exposition.

21 h - Soirée musicale.

Vendredi 9 Septembre.

MATIN

THEME III : Ecophysiologie.
Président de séance : Pr. P. LUBET.

9 h 30 - 9 h 45. MASSE H. et PARACHE A.
Evolution de la tolérance thermique de Mytilus galloprovincialis Lmk. en fonction des températures saisonnières. Comparaison de la sensibilité thermique d'individus provenant de populations différentes.

9 h 45 - 10 h. BAGHDIGUIAN S. et RIVA A.
Adaptations métaboliques de la palourde Ruditapes decussatus soumise à un jeûne prolongé.

10 h - 10 h 15. GENDRON F., VICENTE N. et ROBERT Ph.
Impact des métaux lourds sur des moulières expérimentales de pleine eau dans le Parc national de Port-Cros (Var-France).

10 h 15 - 10 h 45. Discussion.

SOIR

14 h 30 - 15 h. Rapport de LUCAS A.
Développement contrôlé des Mollusques Bivalves marins.

15 h - 15 h 30. Discussion.

15 h 30 - 16 h. Conclusions et clôture du Symposium.

20 h 30. Dîner de clôture offert par la Société Ricard à l'Hôtel Hélios de l'Ile des Embiez.

LISTE DES PARTICIPANTS

ABADA-BOUDJEMA Yamina
Maître assistante
Laboratoire de biologie marine
Institut de biologie
U.S.T.H.B.
BP n° 9
DAR EL BEIDA ALGER ALGERIE

ALONSO ALONSO Rosario
Doctora en biologia, profesora de universidad
Departamento de Zoologia
Universidad de la Laguna
Tenerife
ISLAS CANARIAS ESPANA

ALONZO M.R.
Departamento de Zoologia
Université La Laguna
CANARIAS - ESPANA

ALVAREZ Julio
Pr. es Sciences biol.
C/ PINAR 19
MADRID 6 ESPANA

ARCHAMBAULT Joëlle
Université PARIS XII Laboratoire de microscopie analytique appliquée aux sciences de la terre
Avenue Général de Gaulle
94010 CRETEIL CEDEX

BAGHDIGUIAN Stephen
Laboratoire de Biologie Marine
Faculté des Sciences St-Jérôme
13014 MARSEILLE

BARNABE Gilbert
Maître assistant
Université des sciences et techniques du Languedoc
Station de biologie marine et lagunaire
Service aquaculture
Quai de la Dorade
34200 SETE

BARTOLI Pierre
Maître assistant
Laboratoire de zoologie marine
Faculté des sciences et techniques Saint-Jérôme
13397 MARSEILLE CEDEX 13

BEN MERADI Nacer-Eddine
Etudiant Post Graduant
Institut de biologie U.S.T.H.B.
BP n° 9
DAR EL BEIDA ALGER ALGERIE

BERTHOME Jean Paul
Biologiste
Institut scientifique et technique des pêches maritimes
Laboratoire cultures marines
BP 133 Mus de Loup
17390 LA TREMBLADE

BLANC Françoise
Maître assistant
Laboratoire de zoogéographie
Université Paul Valéry
BP 5043
34032 MONTPELLIER CEDEX

BLEAS-BOULCH Danielle
Etudiante thèse 3ème cycle
Laboratoire de biologie et biochimie marines
IUT
Rue de Roux
17000 LA ROCHELLE

BODOY Alain
Associate professor
Faculty of marine sciences
King Abdul Aziz University
PO Box 1940
JEDDAH SAUDI ARABIA

Station marine d'Endoume
Rue Batterie des Lions
13008 MARSEILLE

BOLETZKI Sigurd
Chargé de recherche CNRS
Laboratoire Arago
66650 BANYULS SUR MER

BOROMTHANARAT Somsak
Etudiant
Laboratoire cultures marines
ISTPM Mus de Loup
BP 133
17390 LA TREMBLADE

BOUCHET Philippe
Maître assistant
Muséum
55, rue de Buffon
75005 - PARIS.

CUIF Jean-Pierre
Professeur
Laboratoire de Pétrologie sédimentaire et Paléontologie
Université PARIS XI ORSAY Bât. 504
91405 ORSAY CEDEX

DESLOUS-PAOLI Jean-Marc
Attaché de recherche
Laboratoire culture marine
ISTPM Mus du Loup
BP 133
17390 LA TREMBLADE

DEWARUMEZ Jean Marie
Chercheur
Station marine de Wimereux
BP 41 28, avenue Foch
62930 WIMEREUX

DIDIER Bernard
Assistant
U.E.R. Sciences Exactes et naturelles
123, avenue Albert Thomas
87060 LIMOGES CEDEX

FARITIET Eric
Laboratoire de Biologie Marine
Faculté des Sciences et Techniques St-Jérôme
13397 MARSEILLE CEDEX 13

FRENKIEL Liliane
Laboratoire de biologie marine
Institut de biologie USTHB
BP n° 9
DAR EL BEIDA ALGER ALGERIE

FERLIN Philippe
Directeur du projet régional
PNUD/FAO - MEDRAP
BP 863 TUNIS

ELOUARD Pierre
Professeur de géologie
27-43 Bd du 11 novembre
69622 VILLEURBANNE

GENDRON Françoise
Laboratoire de Biologie marine
Faculté des sciences et techniques Saint-Jérôme
Rue Henri Poincaré
13397 MARSEILLE CEDEX 13

GRASSET Michèle
Technicienne (thèse université)
Université P. et M. Curie
Laboratoire Histologie et Cytologie des Invertébrés marins
12, rue Cuvier
75005 PARIS

GRUET Yves
Maître assistant
Laboratoire de biologie marine
2, rue de la Houssinière
44072 NANTES

GUELORGET Olivier
Chargé de recherche CNRS
Université des sciences et techniques du Languedoc
Laboratoire d'hydrobiologie
Place Eugène Bataillon
34060 MONTPELLIER CEDEX

HENRY Monique
Laboratoire de biologie marine
Faculté des sciences et techniques Saint-Jérôme
13397 MARSEILLE CEDEX 13

HERAL Maurice
Chargé de recherche ISTPM
Laboratoire de cultures marines ISTPM
BP 133
17390 LA TREMBLADE

IBANEZ M.
Departamento de Zoologia
Université La Laguna
CANARIAS   ESPAÑA

LAMOTTE Maxime
Professeur
Ecole Normale Supérieure
46 Rue d'Ulm
75005 PARIS

LE PENNEC Marcel
Maître assistant
Laboratoire de zoologie
Faculté des sciences
29283 BREST CEDEX

LOPEZ-ALCANTARA A.
Departamento de Paleontologia
Université de Grenade ESPAGNE

LUBET Pierre
Professeur
Laboratoire de zoologie
UER Sc. Vie
Université
Esplanade de la Paix
14032 CAEN CEDEX

LUCAS Albert
Professeur
Laboratoire de zoologie
Faculté des sciences
29283 BREST CEDEX

MAIGRET Jacques
Directeur de l'Aquarium de Monaco
Musée océanographique
Avenue St Martin
Monaco - ville
MC 98000 MONACO

MAILLARD Yves
Maître-assistant
Laboratoire de biologie marine
UER des Sciences de la nature
Université de Nantes
44072 NANTES CEDEX

MAITRE ALLAIN Thierry
Chercheur
I.S.T.P.M.
34200 SETE

MASSE Henri
Chercheur CNRS
Station marine d'Endoume
Rue Batterie des Lions
13007 MARSEILLE

MARTINET Pierre
Laboratoire de Biologie Marine
Faculté des Sciences et Techniques St-Jérôme
13397 MARSEILLE CEDEX 13

MONTEIL Assistant
U.E.R. Sciences Exactes et naturelles
123, avenue Albert Thomas
87060 LIMOGES CEDEX

MOUEZA Marcel
Maître assistant
Laboratoire de microscopie électronique
Institut national agronomique
EL HARRACH ALGER ALGERIE

OUTON Maria José
LA CORUNA - ESPAGNE

OUTON Carolina
LA CORUNA - ESPAGNE

PARACHE Alain
Chercheur troisième cycle
Station marine d'Endoume
13007 MARSEILLE

PETITJEAN Michel
Maître assistant
Université Paris VII
Laboratoire des systèmes biologiques
12, rue Cuvier
75005 PARIS

PLANTE-CUNY Marie-Reine
Chargée de recherche CNRS
Station marine d'Endoume
13007 MARSEILLE

POIZAT Claude
Faculté des sciences et techniques Saint-Jérôme
Laboratoire de biologie marine
13397 MARSEILLE CEDEX 13

POLANCO Elisa
Pathologiste
Conselleria de Pesca
Casa del mar
Se planta
LA CORUNA ESPANA

PORTERES Gilles-Arnaud
Etudiant thèse 3ème cycle
Laboratoire de biologie biochimie marines
IUT
Rue de Roux
17026 LA ROCHELLE CEDEX

RAIMBAULT René
Directeur de recherche ISTPM SETE
ISTPM
1, rue Jean Vilar
34200 SETE

REAL Anne-Marie
Assistant
Laboratoire de biologie des Invertébrés marins et Malacologie
55, rue de Buffon
75005 PARIS

REAL Guy
Biologiste
Institut universitaire de biologie marine
2, rue du Pr. Jolyet
33120 ARCACHON

RIVA Alain
Biologiste
Fondation océanographique Ricard
Ile des Embiez
83140 SIX FOURS LES PLAGES

RIVAS P.
Departamento de Paleontologia
Université de Grenade ESPAGNE

ROBERT Philippe
Parc national de Port-Cros
50, avenue Gambetta
83400 HYERES

RONDELAUD Daniel
Chef de travaux
Histologie
Faculté de médecine
2, rue du Dr Raymond Marchand
87032 LIMOGES

SAUBADE Anne-Marie
Chargée de recherche CNRS
207, avenue Président Robert Schuman
33100 LE BOUSCAT

TARDY Jean
Professeur
Université de Poitiers
UER Sciences fondamentales et appliquées
Laboratoire de biologie et biochimie marines
IUT
Rue de Roux
17026 LA ROCHELLE CEDEX

VAREILLE-MOREL Christiane
Assistante d'Université
Laboratoire de biologie expérimentale Groupe d'Hydrobiologie
UER Sciences Exactes et naturelles
123, avenue Albert Thomas
87060 LIMOGES CEDEX

VICENTE Nardo
Professeur
Laboratoire de Biologie Marine
Faculté des sciences et Techniques St-Jérôme
13013 MARSEILLE

VOVELLE Jean
Professeur
Laboratoire d'Histologie et Cytologie des Invertébrés marins
Université P. et M. Curie
12, rue Cuvier
75005 PARIS

ZIANO M.T.
Enseignante
Les Gayes
84490 SAINT SATURNIN D'APT.

HIGNETTE Michel
Institut Océanographique
Aquarium
Principauté de Monaco

ALLOUI Neji
Chercheur tunisien
Laboratoire de Zoologie
Université de CAEN

BESNARD Jean Yves
Laboratoire de Zoologie
Université de CAEN

MEDHIOUB Nejib Mohammed
I N A T - Tunisie
Laboratoire de Zoologie
Université de CAEN

HOMMAGE AU PROFESSEUR J. WAUTIER

Monsieur J. WAUTIER, Professeur Honoraire à l'Université Claude Bernard de Lyon, est décédé, à Saint-Malo, le 24 novembre 1983, à l'âge de 66 ans.

Monsieur WAUTIER, ancien élève du Professeur GRASSE, a passé sa thèse de Doctorat d'Etat en 1947, dans le cadre des Eaux et Forêts, sur les peuplements des filtres à sable submergé d'Ivry sur Seine. Nommé Maître de Conférences puis Professeur de Zoologie à la Faculté des Sciences de Lyon, il fut un des premiers à introduire l'enseignement de l'écologie en France. En 1952, déjà, il publiait un ouvrage intitulé "Introduction à l'étude des biocoenoses". Les écosystèmes d'eau douce ont toujours constitué le centre de ses préoccupations de chercheur et c'est un important laboratoire d'Hydrobiologie qu'il a laissé derrière lui lors de son départ à la retraite, en octobre 1976.



Ces travaux en malacologie concernaient surtout un *Ancylidae* dont la présence en France est demeurée insoupçonnée jusqu'en 1946. A la suite des travaux de systématique du Professeur WAUTIER on sait maintenant que cette espèce, longtemps classée dans le genre *Gundlachia*, doit être rapportée au genre *Ferrissia*. La découverte de 2 coquilles fossiles dans les sédiments du Pliocène supérieur, en France, ont permis de supposer que l'espèce *Ferrissia wautieri* fait partie de la malacofaune européenne depuis une époque reculée. Depuis les travaux du Professeur WAUTIER et de ses élèves, concernant l'anatomie, la physiologie, la biologie et l'écologie de l'espèce, un certain nombre de malacologistes ont signalé la présence de *Ferrissia wautieri* dans diverses localités d'Europe ce qui a permis à M. WAUTIER de publier les premières données sur la répartition européenne de l'espèce.

Le Professeur WAUTIER fut parmi les premiers membres de la Société Française de Malacologie et, en 1973, il a organisé le congrès de la Société, à Lyon. Tous ceux qui l'ont connu, et en particulier ses élèves, gardent du Professeur WAUTIER le souvenir d'un Maître sensible, profondément humain et dont ils ont toujours apprécié la qualité de l'érudition.

LA CONCHYLICULTURE EN MEDITERRANEE FRANCAISE

par René RAIMBAULT
ISTPM, 1 rue Jean Vilar - 34200 SETE -

SUMMARY : The mollusc culture in French mediterranean areas

Until now, in French mediterranean areas, oyster and mussel culture has only been done in sheltered places (principally in lagoons). The lagoon of Thau, near Sète, is the most important rearing center where oysters (particularly Crassostrea gigas) and mussels (Mytilus galloprovincialis) are bred. According to statistical data, its production is about 10 000 t., but in fact it is know to be at least twice higher. Mollusc are placed on supports (various nets, ropes, iron-rods, or wooden bars) wich hang in the water from rearing-tables (or rafts in Corsica).

Even though molluscs culture only takes up a small part of the mediterranean lagoons (hardly 6% of the total area), no important extension is possible there. But around and after 1970, various observations led to the fact that collection of spat from Ostrea edulis was possible as well as mollusc culture in the coastal waters of the sea. Nevertheless difficulties due to strong storms requested long technical researches. In 1982, the successful experience realized by means of a long-line (suggested from japanese system for scallop-rearing), can be considered as an important step.

A notable increase of the production will be possible by this way of culture in open sea when both, the technical problems encountered are fully overcome and all the questions concerning the management of space are answered.

A - ETAT ACTUEL DE LA CONCHYLICULTURE

1. Localisation, production, espèces élevées

Jusqu'à maintenant la conchyliculture méditerranéenne en France se pratique exclusivement dans des sites relativement abrités : quelques étangs salés duLanguedoc-Roussillon et de la Corse et en rade de Toulon. La zone conchylicole de l'étang de Thau s'étale surenviron 1200 hectares,celle de Leucate sur 140 hectares ;en Corse l'élevage se fait sur de petits radeaux dispersés sur l'ensemble des étangs (environ 80 à Diana et 50 à Urbino).Dans la rade de Toulon les exploitations sont plus ou moins en voie d'extinction.

Selon les statistiques officielles,la production méditerranéenne est de l'ordre de 10 000 tonnes.En réalité la seule production de l'étang de Thau atteint au moins le double de ce tonnage (HAMON et TOURNIER,1981). Il produit au moins 90% du total et ce total doit représenter environ 12 à 15% de la production conchylicole française.

Dans tous les centres on élève à la fois des huîtres et des moules dans des proportions qui varient beaucoup selon les centres. Le tableau 1 résume l'ensemble de ces données (voir au verso).

A propos des huîtres, il peut paraître paradoxal que la seule espèce indigène Ostrea edulis ne soit pratiquement plus élevée en Méditerranée.Cette désaffection pour l'huître plate est une conséquence de la mortalité massive qui frappa les mollusques en élevage en1950-1951. A partir de là, l'huître portugaise (Crassostrea angulata) se substitua à la plate et elle demeura de beaucoup la principale huître élevée à Thau jusqu'à la grande épizootie qui la fit disparaître vers 1970.A partir de 1970 ce fut la Crassostrea gigas, l'huître japonaise,qui prit la succession comme partout ailleurs en France.

Une particularité de l'ostréiculture méditerranéenne est qu'elle est tributaire de l'extérieur pour l'approvisionnement de son élevage.Leshuîtres en effet ne se reproduisent pas ou très peu et très irrégulièrement dans les étangs méditerranéens sans que les causes de cette carence aient jamais été élucidées de façon rigoureuse.En conséquence la quasi totalité de la production ostréicole

est assurée par des huîtres d'origine non méditerranéenne ; les portugaises étaient des juvéniles de 10 à 30 g venant du Portugal ou des centres atlantiques français ; les japonaises, mises en élevage au stade de naissains, furent d'abord directement importées du Japon, puis ensuite, et de plus en plus, elles sont venues des côtes atlantiques, à la suite de la bonne acclimatation de cette espèce (les derniers arrivages directs du Japon datent de 1980).

Pour l'approvisionnement des élevages de moules, aucune opération spéciale de captage de naissain ne se fait ; les moules mises en élevage proviennent pour la plupart du ramassage des petites moules qui se fixent sur tous les supports existant (rochers, digues, quais, structures d'élevage) et aussi, pour une part, des sujets qui après récolte et tamisage n'ont pas la taille commercialisable.

Tableau I - Localisation et production des divers centres conchylicoles (selon les statistiques officielles).

Espèces / Lieux	Huître creuse (Crass.gigas)	Huître plate (Ostrea edulis)	Moule (Mytilus galloprovincialis)	Production totale : (x 1000) t
étang de Thau	+ (55%)	+ (5%)	+ (40%)	10
" de Leucate	+ (95%)		+ (5%)	0,5
" de Diana	+ (30%)		+ (70%)	0,3
" d'Urbino	+ (40%)		+ (60%)	0,12
rade de Toulon	+ (7%)		+ (93%)	0,11

2. Modalités de l'élevage et résultats

Au caractère particulier que représente l'absence, ou du moins l'insignifiance des marées a répondu la mise au point de techniques d'élevage adaptées à cette situation ; il s'agit d'un élevage à la verticale et en suspension.

La séquence des opérations se déroule comme suit. D'abord, en atelier, les mollusques sont placés sur des supports légers et transportables appropriés aux animaux à immerger.

Pour les huîtres, les collecteurs-coquilles portant les naissains de C. gigas sont, soit glissés entre les torons d'une corde, soit enfilés sur des tringles métalliques, de manière à former des chapelets de coquilles isolées les unes des autres. Après détroquage, parmi les huîtres juvéniles résultant de la croissance de ces naissains, celles qui ne sont pas encore vendables sont "collées" à l'aide de ciment à prise rapide, soit sur des barres de bois à section carrée, soit sur des filins en matière synthétique ; ensuite elles sont réimmergées pour finir leur croissance.

Une partie des naissains immergés à Thau peut être commercialisée après une saison d'élevage, c'est-à-dire à l'âge de 18 mois (20 à 40 % des individus), mais leur qualité est généralement médiocre ; en revanche après"collage" et une année d'élevage supplémentaire on obtient des huîtres ayant un index de condition, et donc un remplissage sensiblement meilleur.

Pour les moules, celles-ci sont placées dans de longs filets étroits de divers types dans lesquels elles forment soit des sortes de boudins continus, soit des chapelets par séparation des moules en paquets discontinus.

Après leur confection, ces divers supports (tringles de naissains, filins ou barres à huîtres, cordées de moules) sont immergés ; ils pendent verticalement, maintenus en suspension par amarrage sur les chevrons, soit de tables fixes, soit de radeaux (uniquement en Corse).

Les tables de l'étang de Thau mesurent 50 m de longueur sur 10-12 m de largeur. Elles comprennent 51 perches ou chevrons de suspension. Normalement une table porte environ 1 000 supports à huîtres ou à moules (HAMON et TOURNIER, 1981).

Quand le plan de remembrement, commencé en 1970, sera terminé, les élevages de l'étang de Thau seferont sur 2 800 tables (actuellement, au début de 1984, le plan est réalisé à 80 %).

Résultats : cet élevage en suspension, qui répartit les mollusques de façon relativement lâche dans toute la tranche d'eau, présente des avantages évidents : il est éminemment favorable au captage des particules alimentaires en suspension ; de plus le maintien en immersion permanente permet une alimentation sans arrêt : ces conditions expliquent que la croissance est sensiblement plus rapide en Méditerranée qu'en Atlantique (LE DANTEC et RAIMBAULT, 1965 ; ARNAUD, 1966). En outre, l'absence de tout contact avec les fonds met les mollusques à l'abri des prédateurs benthiques.

Sur le compte des désavantages, il faut mettre : le coût des installations, le caractère très artisanal des opérations de mise en élevage (garnissage des supports) entraînant des frais de main d'oeuvre élevés. En outre, dufait de l'immersion continue, la coquille des huîtres est généralement moins dure et nacrée que celle des huîtres atlantiques et de plus, les animaux non conditionnés aux émersions ont tendance à s'entrouvrir plus facilement et donc à se conserver moins longtemps hors de l'eau.

Ceci dit, dans les zones les plus profondes (7-9 m) de l'étang de Thau des rendements de 100 à 200 tonnes par hectare de table n'ont rien d'exceptionnel. C'est dire que la terminologie actuelle qui classe les aquicultures en intensives et extensives en prenant comme critère l'apport ou le non apport d'aliment est une terminologie non applicable à la conchyliculture : extensive selon le critère alimentation, elle est hautement intensive quant à ses rendements.

3. Risques et périls pour et par les produits conchylicoles

Les nuisances ayant une relation avec la conchyliculture sont à envisager sous deux aspects ; celles dont pâtissent les mollusques eux-mêmes et celles dont sont victimes leurs consommateurs. Ne seront envisagées ici que les types de nuisances qui sont actuellement, ou ont été récemment, objet de problèmes dans notre pays.

3.1. Nuisances affectant les mollusques

3.1.1. Epizooties - maladies parasitaires

Jusqu'à maintenant aucune des graves épizooties qui ont frappé les deux genres d'huîtres en Atlantique n'ont atteint l'ostréiculture méditerranéenne, ou du moins n'y ont produit d'effets patents sur le plan de la production.

Cependant les microorganismes pathogènes, du virus aux protistes en passant par les rickettsies ou les bactéries, ne sont pas absents des mollusques méditerranéens (COMPS, 1983). Nos huîtres portugaises étaient atteintes de la maladie des branchies comme leurs soeurs atlantiques, mais sans que cela ait provoqué des mortalités alarmantes. Ceci est probablement dû aux différences dans le mode d'élevage et au fait qu'elles ne séjournaient pas plus d'un an en élevage avant d'être commercialisées. Récemment encore COMPS a observé la présence d'un Marteilia dans Mytilus galloprovincialis (1981) et d'Haplosporidium chez les huîtres de l'étang de Thau.

Il convient de rappeler ici que l'élevage d'Ostrea edulis a été pratiquement abandonné à Thau vers les années 50 àla suite de mortalités massives et que plus récemment (1971 ou 1972), dans l'étang de Diana en Corse, les bancs naturels d'huître plate ont totalement disparu.

On ne peut donc jamais se considérer comme totalement à l'abri de ce genre de catastrophe. Il n'est pour s'en souvenir que de mentionner la mortalité générale sur le littoral méditerranéen de Spondylus gaederopus (l'huître à charnière) au cours des dernières années.

3.1.2. Eaux toxiques pour les mollusques

a) Toxicités algogènes

Il est bien connu que la surabondance de certains organismes planctoniques dans les eaux peut aboutir à des mortalités plus ou moins importantes des mollusques et souvent aussi de l'ensemble de la faune aquatique.

Dans nos zones conchylicoles méditerranéennes, au cours de la dernière décennie, un seul cas de mortalité générale des mollusques en élevage semble devoir se rattacher à ce type de phénomène. Il a affecté l'étang de Leucate en 1980. La mortalité desnuîtres n'a pas été brutale mais progressive et étalée dans le temps ; les animaux ont commencé par présenter une croissance médiocre et un amaigrissement anormal dès la fin de l'hiver 1979-80 ; les mortalités sont survenues au cours des mois suivants.

Cette situation semble avoir résulté de la pullulation inhabituelle d'ultrananoplanctontes de 1,5 à 3 µ (d'abord des Chrysophycées, puis des Chlorophycées du genre Nannochloris), dont la concentration a dû dépasser le milliard de cellules par litre selon le rapport du laboratoire Arago.

En 1965, près de Sète, un phénomène d'eaux rouges proprement dites dû à un bloom de thiobactéries provoqua la mortalité de toute la faune aquatique environnante (DEVEZE etFAUVEL, 1966). Bien que ce dernier cas n'ait pas affecté un secteur conchylicole mais une petite unité sans profondeur, l'ampleur des mortalités de poissons qu'il a provoquées a démontré la virulence de tels états.

b) Anoxie et toxicité : "malaïgue"

La "malaïgue" est un vieux terme occitan qui signifie la maladie des eaux ou l'eau malade. C'est un état des eaux qui se traduit par la mortalité plus ou moins générale de la faune làoù il se déclare. Ce phénomène ne s'observe qu'en été, à la suite de périodes caractérisées par une absence plus ou moins longue de vents et en conséquence par des températures très élevées. Il s'agit donc de périodes où le principal facteur qui assure le renouvellement de l'oxygène, le vent, ne joue pas son rôle. Dans ces conditions, si le milieu est très riche en matières organiques (macrophytes ou planctontes morts, rejets urbains etc...) , les processus de dégradation activés par les températures élevées rendent peu à peu le milieu anoxique et plus ou moins toxique du fait de la libération de gaz délétères (hydrogène sulfuré entre autres). Ces eaux malades, chargées de matériaux en putréfaction se caractérisent aussi par des colorations variées (AMANIEU et al., 1975).

Dans de telles conditions la faune, et spécialement la faune fixée, meurt plus ou moins rapidement.

Les étangs méditerranéens sont plus ou moins sensibles à ce type de phénomène.

Sur le plan de la conchyliculture, il est évidemment exclu qu'un étang qui serait habituellement sujet aux malaïgues estivales ait pu devenir un centre conchylicole important (RAIMBAULT, 1983). Toutefois ceci ne veut pas dire que les centres conchylicoles ne puissent jamais être sujets à la malaïgue.

Ainsi, dans l'étang de Thau,bien que de mémoire de conchyliculteur aucune malaïgue générale n'ait été observée jusqu'en 1975, des mortalités graves (de 30 à 100 %) dues à ce phénomène, frappèrent les élevages en toutes zones au cours du mois d'août de cette année là. A nouveau, en juillet 1982, une malaïgue causa des pertes assez sévères mais dans un secteur restreint.

Les étangs corses ne sont pas non plus toujours indemnes de ces dystrophies estivales. Par exemple, en 1973, alors que le grau de l'étang de Diana était obstrué, il y eut des mortalités importantes pendant l'été. Après 1973, un ou deux cas de malaïgue plus atténuée ont encore été signalées.

3.2. Nuisances pour les consommateurs de mollusques

Les phénomènes de nuisances graves pour les humains, résultant de l'ingestion des mollusques sont bien connus. Du point de vue étiologique on peut les classer

en deux grandes catégories : les intoxications proprement dites et les infections.

3.2.1. Nuisances par les biotoxines

Les principales intoxications dues aux mollusques sont dues à la présence d'une toxine (mytilitoxine de Wolf, Paralytic Shellfish poisoning, le P.S.P. des anglo-saxons) accumulée dans la chair des mollusques qui ont ingéré certaines espèces du phytoplancton (tout particulièrement des Gonyaulax) (M.L. FURNESTIN et RAIMBAULT, 1966).

Il est bien évident que la présence permanente et abondante des algues toxinogènes dans des eaux exclut toute perspective de développement d'une conchyliculture quelconque et que leur présence accidentelle ou temporaire constitue un lourd handicap pour ces activités (YENTSCHet INCZE, 1980). On sait qu'en Europe occidentale et en Atlantique française en particulier, la densité de ces espèces toxiques a parfois atteint et dépassé le seuil critique. Aucours de l'été 1983, ce phénomène a sérieusement perturbé la commercialisation des coquillages en France et le problème est devenu assez aigü pour que l'ISTPM ait dû instaurer un programme permanent de contrôle des phytoplanctontes dans toutes les zones conchylicoles.

Jusqu'à maintenant, en Méditerranée, bien que présentes, les espèces incriminées n'ont jamais atteint des densités pouvant créer quelque danger pour les consommateurs.

3.2.2. Intoxications chimiques

Au cours des dernières décennies l'attention a été attirée par des cas spectaculaires d'intoxications humaines à l'étranger dues à l'ingestion de produits marins ayant accumulé des substances chimiques nocives (métaux lourds, notamment mercure et plomb, pesticides, insecticides, etc...).

Cet état dechoses a conduit à mettre en place dans tous les pays des contrôles périodiques sur la teneur des animaux en élevage en ces divers polluants (ALZIEU et al., 1976 ; Anonyme ISTPM, 1979 ; rapports R.N.O.).

Bien entendu la Méditerranée n'échappe pas à ce système de surveillance de la qualité de l'eau et les zones conchylicoles actuelles ou potentielles sont l'objet d'examens particulièrement attentifs. Tout ce qu'on peut dire c'est qu'actuellement on n'observe pas de concentrations vraiment alarmantes dans nos zones conchylicoles méditerranéennes.

Remarque : il est à noter que parmi les polluants chimiques certains peuvent être avant tout nuisibles pour la faune malacologique elle-même (ALZIEU et al, 1982 ; HIS et ROBERT, 1982).

3.3. Infections dues aux coquillages

Il s'agit là des méfaits les plus anciennement connus provoqués par la consommation des coquillages. Les mollusques peuvent être vecteur de germes pathogènes dont la prolifération chez l'homme provoque des maladies infectieuses plus ou moins graves (typhoïde, paratyphoïde, hépatites, gastro-entérites, etc...). Ces germes sont généralement déversés dans les milieux aquatiques par les rejets urbains.

Ce fut une des tâches importantes des services du contrôle sanitaire de l'ISTPM au cours de notre siècle de préciser les normes de la salubrité sur ce plan et de définir les zones saines.

La règle est que la conchyliculture n'est autorisée que dans des zones normalement salubres. Pour les quelques exceptions, restreintes et particulières, tous les produits doivent subir un traitement d'épuration avant livraison (rade de Toulon, étang du Prévost).

Toutefois même les zones habituellement salubres peuvent être sujettes à des phases de pollutions conjoncturelles, normalement rares et de courte durée (FAUVEL, 1967). C'est ce qui oblige à une surveillance permanente des produits

conchylicoles. Sur ce plan l'étang de Thau a vu sa situation s'améliorer sensiblement au cours de la dernière décennie du fait des travaux d'assainissement de la ville de Sète.

D'une manière générale, sur ce plan, les centres conchylicoles méditerranéens n'ont pas de problèmes plus aigüs que de nombreux autres centres atlantiques.

CONCLUSION

Au total, la conchyliculture méditerranéenne dans son état actuel est une activité non négligeable sur le plan de l'économie régionale. Elle fait vivre directement deux à trois milles familles et représente un chiffre d'affaire de l'ordre de 15 milliards de centimes.

Avec la pêche, elle constitue, et de beaucoup, le principal apport de protéines animales pour ces régions méridionales essentiellement viticoles.

Bien entendu, comme toutes les productions biologiques, elle est soumise à toutes sortes de fluctuations et de risques. Elle l'est beaucoup plus que l'agriculture du fait qu'elle s'exerce dans un milieu fluide et mouvant, ouvert à tout le monde et à toutes les influences, réceptacle de tous les déversements. En outre, il s'agit d'un milieu sur lequel les moyens d'action, à la fois sont extrêmement limités et ont des impacts très difficilement prévisibles.

Mais cette situation, somme toute fragile et incertaine, est celle de tous les centres conchylicoles et en définitive les centres méditerranéens ne sont pas dans une situation particulièrement critique relativement aux autres.

B - PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

Bien que venant au quatrième rang mondial, tant pour son ostréiculture que pour sa mytiliculture, la France cependant ne produit pas suffisamment pour les besoins de la consommation intérieure. Elle importe notamment 30 à 40 000 tonnes de moules. Le problème des possibilités d'accroître les productions se pose donc actuellement.

En Méditerranée deux types de milieu s'offrent théoriquement à cette extension souhaitée : les étangs salés et la mer elle-même. Il faut donc examiner les possibilités offertes par chacune de ces deux entités.

1. Possibilités d'extension dans les étangs

En Méditerranée, les lagunes du Languedoc-Roussillon et de la Corse occupent une surface d'un peu plus de 30 000 hectares, alors que les surfaces exploitées pour la conchyliculture en représente environ 1 800, soit à peine 6 % de la surface totale. A l'énoncé de ces chiffres, on est facilement tenté de penser qu'un vaste champ s'offre au développement de la conchyliculture dans ces étangs.

Toutefois un examen approfondi de la question,étayé par diverses observations et expériences, oblige à revoir sérieusement une vue aussi optimiste.

La seule considération des limitations de production qu'entraîne la faible profondeur de la plupart des étangs (environ 25 000 hectares d'entre eux ne dépassent pas ou peu un mètre de profondeur) conduit à l'évidence que, toutes choses étant égales par ailleurs, les rendements pour une même surface seraient de 6 à 10 fois moindres que dans l'étang de Thau.

Outre cela, plusieurs unités qui ne sont pas reliées en permanence avec la mer, ou n'ont que de faibles liaisons, subissent des variations de salinités peu compatibles avec une bonne production conchylicole. Celle-ci ne peut être raisonnablement envisagée non plus dans les étangs qui sont habituellement la proie des malaïgues estivales. Enfin la richesse trophique de la plupart de ces étangs peu profonds est tout à fait insuffisantes ou inadaptée aux besoins des mollusques filtreurs.

L'examen de ces divers paramètres nous conduisait récemment à la conclusion que les étangs du Languedoc-Roussillon et de la Corse ne peuvent

être un champ de développements importants de la conchyliculture. Les milieux les plus favorables (étangs de Thau, de Diana et d'Urbino pourraient sans doute produire davantage, mais des blocages d'un autre ordre que biologique s'opposent à cette perspective (RAIMBAULT, 1983).

Anse de Carteau

Avant d'examiner les perspectives offertes par la mer proprement dite, il faut signaler une zone ayant des caractères intermédiaires entre les étangs et la mer ouverte ; il s'agit de l'Anse de Carteau. L'Anse de Carteau constitue la partie ouest du golfe de Fos. Ce golfe est connu pour sa richesse en mollusques divers et particulièrement en moules.

Depuis quelques années, trois pêcheurs de Port St Louis ont obtenu l'autorisation de collecter le naissain de moules, mais , tant qu'une connaissance approfondie des éventuelles pollutions (bactériennes et chimiques) n'est pas acquise, ils doivent livrer leur produit aux mytiliculteurs des autres centres avant qu'il n'atteigne la taille commerciale. Le succès obtenu par les trois promoteurs a incité d'autres pêcheurs à former une coopérative d'une trentaine de personnes souhaitant s'adonner à la même activité.

S'il apparaît qu'aucune contrainte n'oblige à limiter l'activité conchylicole dans cette zone, l'Anse de Carteau pourrait assez rapidement devenir le deuxième centre de production en Méditerranée.

2. Possibilités d'extension en mer ouverte

Avant 1970 personne ne se posait la question de la possibilité d'une implantation de la conchyliculture dans les eaux côtières. On trouvera ici l'exposé de la phase de prise de conscience et de mise en évidence de cette potentialité d'une part, puis la relation des efforts déployés pour en tirer parti d'autre part.

2.1. Mise en évidence des potentialités conchylicoles

En 1968, un récif fut immergé devant Palavas sur des fonds de - 20 m environ. Un résultat inattendu mais fort intéressant fut l'observation, chaque année, d'abondantes fixations de naissains d'huitre plate (Ostrea edulis) sur les carcasses de voiture. Ce fait contribua fortement à attirer l'attention des pêcheurs locaux, de l'I.S.T.P.M. et des administrations maritimes. Une ressource conchylicole semblait pouvoir être exploitée dans cette zone. En 1972, des opérations de captage en divers points du secteur furent entreprises par les pêcheurs et suivies par l'I.S.T.P.M. Les résultats à nouveau furent positifs (RAIMBAULT et ARNAUD, 1974).

En 1973 l'I.S.T.P.M. réalisa un programme de prospection pour savoir si ce phénomène de fixation de naissains d'Ostrea edulis s'observait dans l'ensemble du golfe du Lion. Des lots de collecteurs furent immergés en vingt points allant de la Camargue jusqu'au sud du Cap Leucate.

Des résultats positifs furent observés dans la plupart des zones prospectées(RAIMBAULT et coll., 1975).

En 1975, sur le site de Port-la-Nouvelle, de nouveaux essais de captage de naissains et d'élevage d'huîtres furent effectués par l'I.S.T.P.M. à trois profondeurs différentes (- 5 m, - 8 m et - 20 m). En bref les résultats suivants furent observés :

- taux de fixation de naissain : excellent aux trois profondeurs
- taux de croissance de l'huître plate :
  . excellent à - 5 et - 8 m (7 à 11 g/mois)
  . nettement moindre à - 20 m (5 g/mois)
- mortalités :
  . très élevée à - 5 m et - 8 m (20%)
  . faible à - 20 m (8 %)
- fixations d'épibiontes (bivalves, ascidies, polychètes, etc...
  . très abondantes à - 5 et - 8 m
  . quasi nulles à - 20 m.

Ajoutons que la tenue mécanique des installations n'a été que de quelques mois à - 5 m ; qu'à - 8 m les éléments étaient encore très malmenés ; en revanche, à - 20 m les contraintes mécaniques étaient nettement moindres (RAIMBAULT, 1976).

Parallèlement à ces opérations programmées, diverses observations, en particulier celles de moules fixées sur des corps flottants, semblaient indiquer que leur croissance était rapide et leur qualité excellente.

Au total, de 1970 à 1976, tout un ensemble de données convergentes faisaient prendre conscience que les eaux du golfe pourraient renfermer des potentialités conchylicoles importantes et jusque là insoupçonnées.

2.2. Phase des essais professionnels

Pour aller au-delà du stade de simple constat de la richesse du milieu, la seule solution était que des professionnels de la mer prennent le relai et tentent eux-mêmes des essais à une échelle et avec des moyens plus importants.

Après quelques opérations sans lendemain effectuées en 1975, c'est à partir de 1977 que quelques groupements de conchyliculteurs s'attaquèrent résolument au problème sur quatre concessions expérimentales de 10 ha chacune.

Deux d'entre elles se situent par fonds de - 20 m à proximité du Cap d'Agde, l'autre, un peu plus à l'est, face au grau de Marseillan, à - 20 m également. La quatrième concession se localise au large de Gruissan (Aude).

Cette phase de six années d'essais effectués par des professionnels a été riche en enseignements divers. A certains égards on pourrait considérer qu'elle a été décevante, non pas sur le plan des résultats biologiques mais sur celui de l'importance des difficultés techniques à résoudre.

2.2.1. Aspects biologiques

Sur le plan biologique, l'essentiel des observations peut se résumer en quelques points.

Collecte de naissains. Que ce soit dans le secteur de Gruissan-Port-la-Nouvelle ou dans celui du Cap d'Agde, les fixations de naissains d'*Ostrea edulis* sont abondantes chaque année.

En 1982, une opération de captage de grande envergure, portant sur 100 000 collecteurs dits "chapeaux chinois", se soldait par la présence de 24 naissains/dm² en moyenne au début d'octobre (dont 45 % de tailles supérieures à 8 mm), soit 5 à 600 naissains par collecteur et 50 millions de naissains au total. Ajoutons que malheureusement ces collecteurs n'ayant pas été relevés avant l'ouragan du début de novembre, cette récolte prometteuse a été totalement perdue ainsi que les 100 000 collecteurs.

Elevage. Pour diverses raisons, c'est la moule (*Mytilus galloprovincialis* Lmk) qui a fait l'objet des principales tentatives d'élevage au cours de ces dernières années. Les résultats obtenus ont toujours été suffisamment prometteurs pour que les intéressés demeurent motivés et maintiennent leurs efforts malgré les pertes dues aux difficultés techniques. Un suivi précis effectué pendant neuf mois, en 1980, montrait que la croissance et la qualité des moules étaient sensiblement supérieures en mer à ce qu'elles sont dans une bonne zone de l'étang de Thau (Y. KRICHEN, 1981).

Pour les huîtres *Ostrea edulis* et *Crassostrea gigas*, les données sont nettement moins abondantes et précises. Toujours au cours de la même année 1980, les résultats de Y. KRICHEN, pour les huîtres élevées en mer, sont inverses de ceux de la moule ; leur croissance et leur qualité furent inférieures à celles observées dans l'étang de Thau.

Toutefois, que ce soit pour les huîtres ou pour les moules, les résultats sont étroitement liés à la technique utilisée. A partir de résultats ponctuels sur des quantités limitées, obtenues avec tel ou tel procédé, il est proba-

blement hasardeux d'extrapoler à ce que pourraient être les rendements à l'échelle professionnelle le jour où des surfaces importantes seraient mises en exploitation.

Or, jusqu'à maintenant, il n'existe que peu de cas où il a été possible de chiffrer des rendements globaux portant sur des quantités professionnellement significatives.

Dans tous les autres cas, les opérations en cours et leur suivi ont été plus ou moins précocement interrompus par destruction ou dispersion des installations immergées, faute d'une technique adaptée aux contraintes mécaniques de la mer.

Il faut donc aborder au moins succinctement les principaux aspects de la recherche technologique visant à créer l'implantation de ces élevages dans ce milieu nouveau qu'est la mer ouverte.

2.2.2. Aspects biotechnologiques

Pour parvenir à implanter la conchyliculture il faut mettre au point des structures répondant aux exigences suivantes :

- que les structures demeurent stables même par forte tempête,

- que les mollusques eux aussi demeurent en place sur la structure, par mauvais temps,

- que les opérations proprement conchylicoles puissent se faire de façon relativement facile, et entre autre, sans que la plongée soit exigée pour le travail proprement conchylicole,

- il faut encore que le coût (investissement et fonctionnement) comparé aux résultats obtenus fasse apparaître un bilan économique positif.

Au départ, s'opposant au point1 (le maintien des structures), il y avait le risque présenté par le passage de chalutiers sur les installations. Ce risque coupait court à toute velléité éventuelle de se lancer dans cette activité. Une parade a été mise au point dès 1975 ou 1976 sous forme de protection des parcelles par des pieux sortant d'un mètre au-dessus des fonds (procédé mis au point par M. MAFFRE).

Ce système dissuasif étant mis en place, il devint très vite évident que, même à - 20 m, par fortes tempêtes, la houle et les courants pouvaient renverser et disperser les structures supportant les mollusques.

Quant aux structures elles-mêmes, au début d'une telle entreprise, un seul type de support était envisageable , à la fois parce que le plus simple, le moins coûteux et offrant le moins d'objection de la part des services administratifs : c'était le cadre métallique que l'on dépose sur le fond.

Les premiers cadres de forme cubique ou en tronc de pyramide étaient trop hauts pour résister aux fortes tempêtes ; au cours de 1980 et 1981 les problèmes de maintien furent résolus, à la fois par voie théorique (étude du BCEOM et de Y. KRICHEN) et empirique. Avant même que la définition théorique des normes soit établie, des conchyliculteurs de Marseillan (MENOU père et fils) mirent au point une structure dont ils démontrèrent la bonne stabilité pendant près de deux années.

Toutefois, tel quel, ce mode d'exploitation n'est pas appelé à se poursuivre pour deux raisons.

- Après une tempête particulièrement sévère de décembre 1981, bien que les cadres n'aient pas bougé, une grande partie des moules fut perdue.

- En outre, une analyse des rendements au cours des deux années montre qu'ils diminuaient avec le temps et la rentabilité d'une telle exploitation devenait douteuse. L'origine des pertes n'est pas encore totalement élucidée. Il se pourrait qu'elles soient dues à la prédation par des poulpes.

De toute façon, si la technique des cadres immergés a été adoptée au départ, ce n'est pas qu'elle ait été jugée comme devant donner les meilleurs résultats. Au contraire, ce système qui oblige à entasser une grande quantité de mollusques sur une faible surface et à un même niveau n'est sûrement pas celui qui favorise la collecte la plus efficace des particules alimentaires du

milieu. Les systèmes qui maintiennent les animaux à la verticale, en les répartissant dans une large tranche d'eau, devraient à priori assurer une meilleure croissance. Or de telles techniques sont utilisées en mer ouverte sur des fonds importants, soit sur des radeaux flottants si le site n'est pas trop agité (Galice espagnole), soit sur des câbles maintenus par un ajustement judicieux de corps morts et flotteurs (système des "long-lines" duJapon). Cette technique suppose des investissements plus lourds, en elle-même et par les exigences de signalisation imposées par les administrations, d'où la difficulté de l'adopter au départ de tels essais.

En 1982, grâce au concours technique d'un ancien ingénieur des Phares et Balises(M. ESPUNA) et à diverses sources de financement (notamment la Région), une filière immergée de 160 m de longueur utile a pu être installée près du Cap d'Agde au mois de mai. Au début de juin, 130 cordes de moules de 6 m de long y furent suspendues.

Les résultats de ce premier essai furent les suivants.

D'une part, le gros problème de la tenue mécanique de la structure et celui du maintien des moules par forte tempête a subi un test dépassant en sévérité tout ce qu'on pouvait imaginer au cours d'un ouragan sans précédent qui s'est abattu sur la région les 6, 7 et 8 novembre 1982. Alors que toutes les autres installations à la mer ont été emportées, y compris les grosses balises qui signalent la filière, la structure, elle, n'a pas bougé ; aucune rupture de câble, aucun flotteur arraché, et qui plus est, à part quelques unités, les cordes chargées de moules sont elles aussi demeurées en place.

D'autre part, la croissance estivale s'est révélée remarquable : de 20 kg au départ, le 10 juin , une corde était passée à 66 kg en septembre après quatre mois d'immersion.

Au moment de la récolte, effectuée en février-mars 1983, au bout de 8 à 9 mois d'élevage, le poids initial de 2 375 kg était multiplié par 4 à 5 (on ne peut avancer un chiffre précis du fait de l'interférence des fixations de naissains après l'immersion. Ces résultats sont extrêmement encourageants et donnent beaucoup d'espoir pour l'avenir. Il reste toutefois encore à mieux connaître, sur une plus longue durée, quel sera le bilan économique global du procédé et à apporter des améliorations au prototype.

D'ores et déjà des modifications qui allègent matériellement et financièrement cette structure sont prévues pour les futures filières. Toujours dans la catégorie des filières flottantes immergées un modèle très différent a été conçu et sera probablement essayé en 1984 (filière tendue).

Une structure d'une tout autre catégorie, appelée filière de fond, a été mise au point par des conchyliculteurs et essayée avec succès, elle aussi, en 1983 (filière MENOU).

CONCLUSION

En définitive, au cours de la dernière décennie, il est apparu qu'un vaste champ potentiel s'offrait au développement de la conchyliculture. A ce propos, il convient cependant de souligner que sur ce point encore le littoral du golfe du Lion se distingue du reste de la Méditerranée française (Provence, Côte d'Azur et Corse où tous les essais d'élevage se sont soldés par des échecs).

Pour passer du possible à la réalisation, les premiers obstacles étaient d'ordre technique. On peut admettre que sur ce plan le plus difficile a été surmonté.

Néanmoins il ne faut pas se cacher qu'il faudra encore beaucoup de temps avant d'en arriver au stade d'une production significative. Certes des atouts importants sont réunis. Le facteur de base indispensable existe : le facteur humain. Trois groupes de conchyliculteurs motivés et décidés ont déjà résolu l'essentiel des premières difficultés ; d'autres ont fait des demandes de concessions. D'un autre côté, les collectivités locales, et notamment la Région, le Ministère de tutelle et les administrations concernées sont conscientes de l'enjeu et de son intérêt économique et sont donc décidés à le favoriser.

Toutefois, il faudra encore des réalisations plus nombreuses et plus longues avant de pouvoir prendre la mesure exacte de la rentabilité de ce

nouveau mode d'exploitation. En outre les problèmes de partage de l'espace entre les divers usagers de la mer (pêcheurs, plaisanciers, navigateurs) ne sauraient manquer d'être soulevés le jour où des surfaces importantes deviendraient concessions. Le problème des infrastructures à terre, indispensables à une telle activité, seront probablement ardus à résoudre également.

Comme on le voit, si un travail préalable capital a déjà été fait pour rendre possible l'implantation de la conchyliculture en mer ouverte, il ne s'agit cependant encore que des prémices d'une réalisation de très longue haleine. Il est vrai que celle-ci ouvre des perspectives de valorisation des zones côtières du golfe du Lion d'une grandeur sans précédent.

TRAVAUX CITES

ALZIEU (C.), HERAL (M.), THIBAUD (Y.), DARDIGNAC (M.J.) et FEUILLET (M.), 1981 (1982. - Influence des peintures antisalissures àbase d'organostanniques sur la calcification de la coquille de l'huître Crassostrea gigas. - Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 45 (2), 101-116.

ALZIEU (C.), MICHEL (P.) et THIBAUD (Y.), 1976. - Présence de micropolluants dans les mollusques littoraux. - Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit., n° 264.

AMANIEU (M.), BALEUX (B.), GUELORGET (O.) et MICHEL (P.), 1975. - Etude biologique et hydrologique d'une crise dystrophique (malaïgue) dans l'étang du Prévost à Palavas (Hérault). - Vie et Milieu, vol. 25 (2), sér. B, 175-204.

COMPS (M.) et RAIMBAULT (R.), 1978. - Infection rickettsienne de la glande digestive de Donax trunculus Linné. - Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit. n° 281, 2 p.

COMPS (M.), 1979. - Etude du cycle de Marteilia refringens dans l'étang de Thau.- Comm. à la C.I.E.M., C.M. 1979/F : 19, 4 p.

COMPS (M.), 1983. - Recherches histologiques et cytologiques sur les infections intracellulaires des mollusques bivalves marins. - Thèse d'Etat. USTL, 22 janvier 1983 ; 128 p., 128 fig. en 43 pl. H.T.

DEVEZE (L.) et FAUVEL (Y.), 1966. - Un phénomène bactérien d'eaux rouges dans l'étang d'Ingril.- Rev. Trav. Inst. Pêches marit., vol.30 (4), 10 p.

FAUVEL (Y.),1967. - La pollution bactérienne des eaux et des coquillages de l'étang de Thau.- Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 31 (1), 1-109.

FURNESTIN (M.L.) et RAIMBAULT (R.), 1966. - Effets nocifs du plancton sur les mollusques et par les mollusques.- Rev. Trav. Inst. Pêches marit., vol.30, fasc.2 et 3, 266-275.

HAMON (P.Y.) et TOURNIER (H.), 1981. - Estimation de la biomasse en culture dans l'étang de Thau (été 1980). - Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit. n°313.

HIS (E.) et ROBERT (R.), 1981 (1982). - Le danger des traitements par le sulfate de cuivre en zone conchylicole : toxicité vis à vis des oeufs et des jeunes larves de Crassostrea gigas. - Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 45 (2), 117-125.

JOLY (J.P.) et COMPS (M.), 1979. - Etude ultrastructurale d'une haplosporidie parasite de la palourde Tapes decussatus. - CIEM, C.M. 1979/F : 20.

KRICHEN (Y.), 1981. - Contribution à l'étude de la conchyliculture en mer. Biologie comparée avec celle du milieu lagunaire et techniques d'élevage. - Mém. de 3ème cycle de l'INAT, 222 p., ronéo.

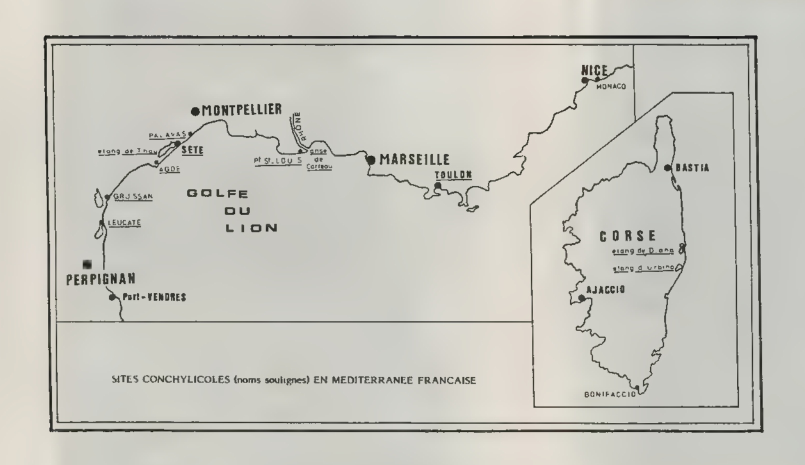
LE DANTEC (J.) et RAIMBAULT (R.), 1965. - Croissances comparées des huîtres portugaises (Bassin d'Arcachon - Etangs méditerranéens). - Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit. n°140, 8 p.

RAIMBAULT (R.), 1976. - Expériences de captage de naissains et d'élevage d'huîtres en mer près de Port-la-Nouvelle en 1975. Rapport ronéo 7 p.

RAIMBAULT (R.) et ARNAUD (P.), 1974. - L'huître plate (Ostrea edulis) en mer Méditerranée et les possibilités de son exploitation. - Rapp. Comm. int. Mer Médit., 22 (6), 25-27.

RAIMBAULT (R.), ARNAUD (P.) et HAMON (P.Y.), 1975. - La récolte du naissain d'Ostrea edulis en Méditerranée (prospection de 1973 sur les côtes du golfe du Lion). - Rapp. Comm. int. Mer Médit., 23 (3).

YENTSCH (C.M.) et INCZE (L.S.), 1980. - Accumulation of algal biotoxins in mussels. - in Mussel culture and harvest : a north american perspective. - Developments in Aquaculture and Fisheries Science, vol. 7. - Elsevier, Amsterdam-Oxford-New-York, 223-246.



SITES CONCHYLICOLES (noms soulignes) EN MEDITERRANEE FRANCAISE



1

Un secteur de la zone conchylicole de Thau, vue de SETE.
(A part of the mollusc culture area of Thau, from the town of Sète).



2

Quelques tables d'élevage.
(Some rearing-tables).



3 Détail d'une table d'élevage.
(Detail of a rearing-table).

4 Un radeau d'élevage en Corse.
(A corsican raft for mollusc culture).



5 Collage des huîtres sur des barres de bois.
(The sticking of oysters upon wooden bars).

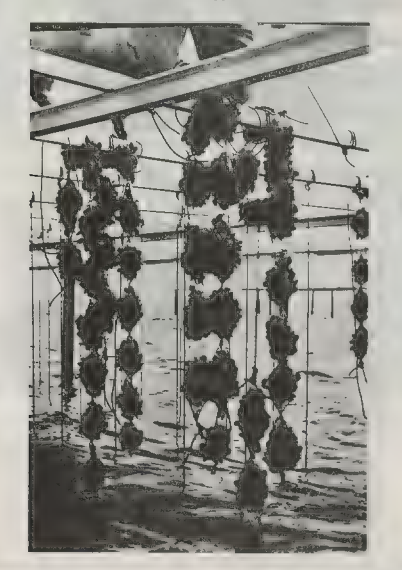


6 Barres d'huîtres prêtes à être immergées.
(Oysters sticked, ready for immersion).



7 Collage des huîtres sur filin.
(The sticking of oysters upon ropes).

8 Quelques cordées de moules du type "filet tubulaire".
(Some tubular nets used as support for mussels).



9 Divers collecteurs de naissains prêts à l'embarquement pour la prospection de 1973.
(Various spat-collectors ready for shipping - prospection in the gulf of Lion in 1973).



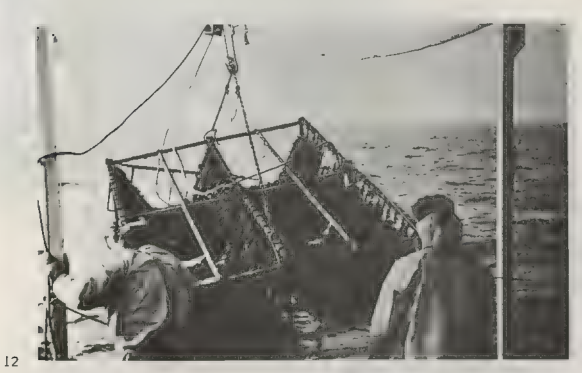
10

Quelques collec teurs en décembre 1973, avec naissains d'huîtres abondants
(Some collectors with many spats of oyster - december of 1973).



11

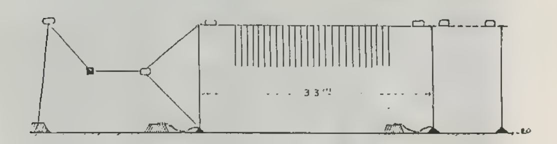
Grand cadre utilisé pour les premiers essais d'élevage de moule en mer au Cap d'Agde.
(Large iron-frame used for the first attempts of mussel-culture in the sea, at the cap of Agde).



12

Cadre MENOU, utilisé avec succès pendant deux années pour l'élevage des moules en mer.
(MENOU's rearing-frame, used with success during two years).





CORPS MORT DE 3T A L'EAU

FLOTTEUR DE 356 litres

GUEUSE DE 650 kg A L'EAU

GUEUSE FLOTTANTE DE 100 kg A L'EAU

0 5m

SCHEMA DE LA PREMIERE FILIERE ESSAYEE EN 1982 AU CAP D'AGDE
(avec une extrémité et un des 5 éléments de 33 m de la filière)



14 Vue sous-marine d'une portion de la filière du cap d'Agde.
(Submarine view of a part of the long-line at the Cap d'Agde).

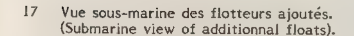




15 Relevage de la filière pour amarrer des flotteurs supplémentaires.
(Upraising of long-line in order to add some additionnal floats).



16 Les nouveaux flotteurs sont amarrés sur la filière.
(The new floats are roped to the long-line).

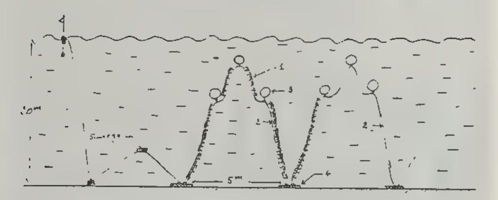




17 Vue sous-marine des flotteurs ajoutés.
(Submarine view of additionnal floats).

FILIERE DE FOND

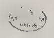
(Système MENOU 1983)



1 - Filet avec moules (type Thau 3 m) (Net with mussels)
2 - Cordage porteur Ø 15-20 mm (Rope bearer)
3 - Flotteur de chalut (11 l) - (Float used for trawl)
4 - Corps-mort de 80 à 100 kg (Sinker for anchorage)
5 - Liege (piece of cork).



19 Relevage de la filière MENOU.
(Upraising of the MENOU's long-line).



THEME I

REPRODUCTION - CROISSANCE - EVALUATION DES STOCKS

Haliotis, 14, 1984
p. 25 à 31

VARIATION DE L'EFFORT DE REPRODUCTION EN FONCTION DE L'AGE DES INDIVIDUS DANS UNE MOULIERE NATURELLE DE *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARK EN MEDITERRANEE NORD-OCCIDENTALE

par

Alain PARACHE

URA 41, Station Marine d'Endoume, 13007 Marseille (France)

ABSTRACT : REPRODUCTION EFFORT CHANGES IN SYMPATHY WITH THE AGE OF THE INDIVIDUALS OF A MUSSEL BED OF *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LMK. IN THE NORTH-WEST MEDITERRANEAN.

Monthly changes in tissue ash-free dry weight (AFDW) of standard individuals of increasing lengths give an estimate of the reproduction effort of *Mytilus galloprovincialis* Lmk according to age in a natural population of the North-west Mediterranean Sea.

The variations of AFDW associated with reproduction are clear when they occur abruptly and with large amplitude.

For immatures individuals the AFDW of a standard animal (22 mm of length) remains nearly constant through out the year. For matures individuals, from january 1981 to june 1982 three emissions of gametes have been observed ; they occur simultaneously for the different sizes of mussels in summer, in autumn and in winter. The latter has been the most important.

The quantity of gametes released is directly correlated to the size of mussels it varies between 17 to 49 % of the AFDW during the first year of life (L = 32 mm) to 70 % for two year old individuals (L = 52 mm) corresponding respectively to 26,4 and 772 mg of dry organic matter.

RESUME :

L'étude de l'évolution mensuelle du poids des tissus secs sans cendre (PSSC) d'individus standards de tailles croissantes (L de 22 à 60 mm) permet d'estimer l'effort de reproduction de *Mytilus galloprovincialis* Lmk en fonction de l'âge, dans une population naturelle de Méditerranée nord-occidentale.

Les variations du PSSC, associées à la reproduction, sont nettes dans la mesure où elles sont brusques et de grande amplitude.

Pour les individus immatures, le PSSC d'un animal standard de 22 mm varie peu. Chez les individus matures, pour la période allant de janvier 1981 à juin 1982, trois émissions gamétogénétiques ont été identifiées ; elles sont globalement synchrones pour les différentes tailles et se sont produites en été, en automne et en hiver, l'émission hivernale étant la plus importante.

L'amplitude des émissions, directement liée à la taille, varie de 17 à 49 % du PSSC au cours de la première année de vie (taille 32 mm) à 70 % chez des individus de deux ans (taille 52 mm). Quantitativement, ceci correspond à des émissions variant respectivement de 26,4 à 772 mg de matière organique sèche par individu.

KEY WORDS : reproduction effort, mussels, *Mytilus galloprovincialis*.

MOTS CLE : effort de reproduction, moule, *Mytilus galloprovincialis*.

INTRODUCTION :

Dans son aire de répartition, la stratégie de reproduction de *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) est liée aux conditions du milieu d'une région donnée.

Pratiquement continu dans son domaine septentrional (Royaume-Uni), le cycle sexuel

se réduit suivant un gradient latitudinal nord-sud (LUBET *et al.*, 1981). Ces auteurs notent un arrêt de l'activité génitale entre juin et août dans la partie atlantique de son aire (France, Espagne, Portugal), dans le nord de la Méditerranée (France, Italie) et de l'Adriatique (Yougoslavie). A la limite sud de son aire (Tunisie), le repos sexuel s'étale entre fin mai et octobre.

C'est au cours du repos sexuel que l'animal accumule les réserves qui permettront l'effort de reproduction dont les caractéristiques varient également du nord au sud. Cette notion d'effort de reproduction a été précisée pour plusieurs espèces de bivalves par les travaux de LUCAS *et al.*,(1978), SHAFEE et LUCAS (1980), LUCAS (1980), VAHL (1981), KAUTSKY (1982). La part relative de l'énergie dépensée dans l'émission des gamètes au cours de l'année peut être quantifiée précisément lorsque les populations sont bien définies (LUCAS, 1980).

Dans ce contexte, et après avoir souligné les grands traits du cycle biologique de *Mytilus galloprovincialis* dans une population subtidale de mer ouverte (PARACHE, 1983), nous avons essayé d'évaluer l'effort de reproduction de cette espèce en fonction de l'âge des individus.

L'étude de populations non exploitées, qui présentent un certain équilibre lié à la sélection naturelle, pourra permettre par la suite, comme l'ont souligné LUCAS *et al.*, (1978), de préciser la stratégie démographique de ces bivalves, en relation avec la notion d'effort de reproduction.

METHODES :

Chaque prélèvement est effectué mensuellement de janvier 1981 à juin 1982 dans une zone très localisée de la moulière, par grattage. Il est composé d'un effectif moyen de 400 individus.

Ce prélèvement est ramené au laboratoire en conditions isothermiques, puis mis en stabulation dans un aquarium à circuit ouvert, sans apport de nourriture, pour éliminer le contenu du tube digestif selon les recommandations de BODOY et MASSE (1978).

Chaque individu est mesuré à 0,1 mm près selon l'axe antéro-postérieur (L.) à l'aide d'un pied à coulisse. Après regroupement en classe de taille de 1,9 mm, un individu de chaque classe de taille est isolé et nettoyé. Il est pesé à 0,1 mg près avant d'être ouvert ; les tissus sont alors séparés de la coquille et pesés.

Un passage à l'étuve à 60°C permet de déterminer le poids sec et le poids de la coquille, puis une calcination à 450°C des tissus secs permet d'estimer le poids de cendres inorganiques.

Chaque mois a été calculé l'indice de condition de WALNE et MANN (1975) correspondant au rapport P.S.S.C. (en mg)/poids sec de la coquille (en g).

Chaque mois, un calcul de la relation d'allométrie reliant la taille au poids des individus représentant chaque classe de taille permet de définir les caractéristiques d'un animal standard.

Nous avons choisi de montrer l'évolution du poids sec sans cendre (PSSC) d'animaux standards de taille croissante comprise entre 22 et 60 mm de longueur.

L'effort de reproduction a été estimé grâce à un indice pondéral gamétosomatique (IPG). Par cette voie indirecte, nous avons estimé le PSSC de gamètes émis mesuré par différence entre un maximum et un minimum successif du PSSC et en faisant la somme de deux émissions proches comme c'est le cas parfois.

Le rapport entre l'amplitude (Qe) de l'émission et le poids sec organique des tissus avant émission (Wo) détermine l'IPG, exprimé en %.

RESULTATS :

La figure I illustre l'évolution saisonnière du PSSC d'individus standards de 22, 32, 42, 52 et 60 mm de longueur obtenus à partir des équations de régression.

D'une manière générale, on observe un cycle annuel marqué indépendant de la taille des animaux. Le PSSC est élevé à la fin du printemps (juin) et au début de l'hiver (décembre); il décroît brusquement en juillet, en septembre et en janvier.

L'amplitude des émissions (Qe) est liée, d'une part, à la taille, d'autre part, à la saison de reproduction (tableau I).

	SAISON DE PONTE	EFFORT DE REPRODUCTION	TAILLE DES ANIMAUX STANDARDS (en millimètres)				
			22 mm	32 mm	42 mm	52 mm	60 mm
E. 81	juin à juillet	Qe (%)		(3,78)	(90,6)	(772,0)	(711,4)
		I.G. (mg)		2,3	19,0	69,9	36,6
A. E. 81	août à septem.	Qe	(13,0)	(34,5)	(68,1)	(109,6)	(145,2)
		I.G.	26,5	21,2	17,2	13,8	11,5
	septem. à octobre	Qe	(4,67)	(36,0)	(121,0)	(294,5)	(523,4)
		I.G.	12,9	27,7	36,8	43,2	47,1
	août à octobre	Qe	(17,6)	(70,9)	(189,2)	(404,0)	(668,6)
		I.G.	36,0	43,1	47,7	51,1	53,2
H. 81-82	déc. à janvier	Qe	(3,8)	(36,8)	(125,2)	(302,4)	(553,0)
		I.G.	9,3	26,0	36,0	43,0	47,2
	janv. à février	Qe	(14,5)	(33,3)	(57,7)	(84,5)	(104,8)
		I.G.	39,2	31,9	26,0	21,0	18,7
	déc. à février	Qe	(18,4)	(70,1)	(182,9)	(386,9)	(637,8)
		I.G.	45,0	49,6	52,7	55,0	56,5
P. 82	mars à avril	Qe	(4,27)	(26,4)			
		I.G.	9,1	17,0)			

Tableau I : Caractéristique de l'effort de reproduction en fonction de la taille et de la période de reproduction ;

Qe = amplitude de l'émission (en mg de PSSC)
I.G. = indice gamétosomatique, en %.

E. 81 : été 1981 ; A.E. 81 : automne-été 1981 ;
H. 81-82 : hiver 1981-1982 ; P. 82 : printemps 1982.

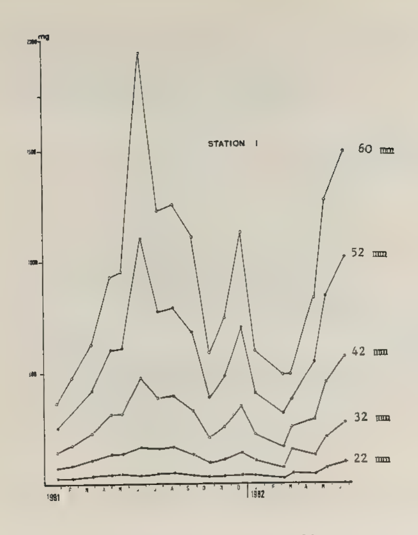
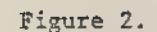


Figure 1.

Evolution mensuelle du PSSC de *Mytilus galloprovincialis* en fonction de la longueur des animaux



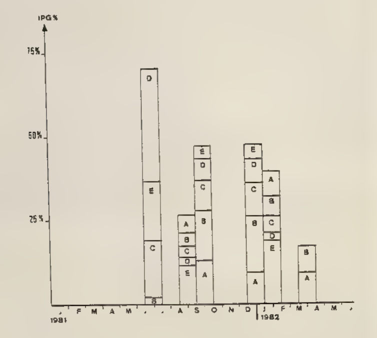


Figure 2.

L'effort de reproduction en fonction de la saison de ponte et de la taille des individus (A : individus standards de 22 mm; B : de 32 mm; C : de 42 mm; D : de 52 mm et E : de 60 mm).

1. <u>Influence de la taille sur l'effort de reproduction</u> (figure 2).

Si on étudie la première émission (juin-juillet), l'indice pondéral gaméto-somatique varie entre 2 % (pour 32 mm, soit une perte organique de 4 mg) et 70 % chez les individus de 52 mm (soit une perte de 772 mg de PSSC).

L'inverse se produit entre août et septembre ; l'indice maximum (26,5 %) correspond aux plus jeunes individus (22 mm), le minimum (11,5 %) aux animaux les plus âgés (60 mm). Pourtant la perte organique est quantitativement la plus importante chez les adultes (145 mg contre 13 mg pour 22 mm).

De la même façon, IPG croît avec la taille en début d'émission hivernale (décembre-janvier); le phénomène s'inverse ensuite (janvier-février).

La quantité de matière organique perdue augmente avec la taille quelle que soit l'émission considérée.

2. <u>Influence de la période de reproduction</u> (figure 2).

Si l'on additionne les émissions successives par périodes de reproduction, c'est l'émission hivernale (décembre à février-mars) qui correspond à la plus forte réduction du PSSC initial, avec un indice IPG proche de 50 % et même supérieur.

Remarquons la forte élévation de IPG en été, plus importante pour les individus standards de 52 mm (69,9 %) par rapport à ceux de 60 mm (36,6 %).

3. <u>L'effort de reproduction des adultes comparé à celui des jeunes.</u>

La figure 3 illustre l'évolution saisonnière de l'indice de condition (IC) chez les jeunes (individus standards de 32 mm, âgés d'environ 1 an) et les adultes (52 mm, âgés d'environ 2 ans) ; les fluctuations saisonnières de la température de l'eau de mer baignant les moulières sont représentées parallèlement.

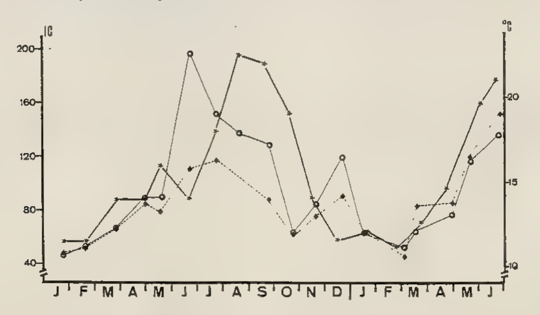


Figure 3. Variations saisonnières de l'indice de condition (IC) pour deux tailles standards
- individus de 32 mm (environ 1 an) ♦- - - ♦
- individus de 52 mm (environ 2 ans) O——O
- fluctuations saisonnières de la température ✶——✶ de janvier 1981 à juin 1982.

Comme on pouvait s'y attendre, IC présente une évolution comparable à celle du PSSC. Il est élevé au début de l'été et de l'hiver ; il décroît brutalement chez les adultes par rapport aux jeunes.

Toutefois, la chute de PSSC observée en avril 1982 sur la figure I (9 % du PSSC pour 22 mm, 17 % pour 32 mm) n'est pas identifiée pour les animaux de 1 an. Au printemps 1981, on note une chute de IC chez les adultes qui n'est pas accompagnée d'une perte organique (figure I, tableau I).

DISCUSSION :

La décroissance du poids sec sans cendre (PSSC), consécutive au phénomène de la reproduction, permet d'appréhender la part organique que représente l'émission des gamètes et les capacités de production de l'espèce (BODOY et MASSE, 1978).

Le PSSC montre une production importante de janvier à juin(mars-avril en 1982) et de octobre à décembre. Entre mai et juin, la prise de poids est de 0,5 g chez les animaux de deux ans, ce qui correspond presque à un doublement du poids initial. Cette prise de poids est de 0,03 g chez les jeunes d'un an soit 1/10ème seulement du poids initial.

Après la ponte, la moule maigrit progressivement allant jusqu'à perdre en octobre 43 % du poids du mois d'août chez les jeunes et 51,1 % chez les adultes. Cette perte de poids atteint début mars respectivement 49,6 % et 55 % du poids du mois de décembre (tableau I).

Lorsque l'animal atteint sa taille maximale, avoisinant 60 mm dans le secteur géographique étudié (PARACHE, 1983a), on note un affaiblissement de l'effort reproductif, souvent peu différent de celui des individus standards de 52 mm. L'animal assure son métabolisme de base avant tout. Ainsi, dans certaines conditions, en été notamment, note-t-on un effort de reproduction moindre chez ces "vieux" individus comparé à celui fourni par ceux de 52 mm sans doute en raison de la respiration plus intense liée à l'élévation de température.

L'indice de condition rend compte aussi bien de la production positive, caractérisée par l'accroissement en matière organique, que de la production négative, caractérisée par une perte de matériel organique sous forme de gamètes par exemple (BODOY et MASSE, 1978). Il met ainsi nettement en évidence les périodes de reproduction : une émission estivale étalée jusqu'à l'automne, une émission hivernale qui a donné lieu à un captage remarquable, une petite émission printanière, fonction des conditions de milieu.

On peut penser que, lorsque celles-ci sont très favorables, comme par exemple au printemps 1982, la croissance alors importante (PARACHE, 1983a) masque l'éventuelle émission de gamètes chez les jeunes, ce qui n'est pas le cas en 1981 (figure 3). Chez les adultes, l'essentiel des produits synthétisés est destiné à la reproduction. L'évolution de IC permet de mettre en évidence le cycle reproductif, même lorsque la croissance somatique est très bonne (IC se stabilise). Ce n'est pas le cas chez les jeunes qui consacrent la plus grande part de leur énergie à la croissance de leur soma (coquille inclue).

Lorsque les variations du PSSC sont brusques et de grande amplitude, elles permettent d'estimer l'effort de reproduction ; lorsqu'elles sont moins nettes, il est nécessaire de suivre parallèlement l'évolution biochimique corporelle et notamment la teneur en lipide de la chair. Cette analyse a été faite chez les jeunes individus d'environ un an (PARACHE, 1983b). Une étude histologique portant sur la même période d'étude est actuellement en cours ;

elle permettra de conclure sur l'existence d'un tel cycle de reproduction.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

ANSELL, A.D., FRENKIEL, L. et MOUEZA, M., 1980 - Seasonal changes in tissue weight and biochemical composition for the bivalve *Donax trunculus* L. on the algerian coast. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, vol. 45, pp. 105-116.

BODOY, A. et MASSE, H., 1978 - Quelques paramètres permettant de suivre la production organique d'un mollusque bivalve au cours du cycle saisonnier. *Publ. Sci. Techn : CNEXO : Actes Colloq.*, n° 7, pp. 753-766.

BODOY, A., 1980 - Croissance et variations de la composition biochimique du bivalve *Spisula subtruncata* (DA COSTA) dans le golfe de Marseille. *Tethys* 9 (4), pp. 345-354.

KAUTSKY, N., 1982 - Quantitative studies on the gonad cycle, fecondity, reproductive and recruitment in a Baltic *Mytilus edulis* L. population. *Mar. Biol.*, 68, 143-160.

LUBET, P., 1976 - Ecologie de la reproduction chez les mollusques lamellibranches. *Haliotis*, vol. 7, pp. 49-55.

LUBET, P., GIMAZANE, J.P. et PRUNUS, G., 1981 - Etude du cycle de reproduction de *Mytilus galloprovincialis* (LMK) à la limite méridionale de son aire de répartition. Comparaison avec les autres secteurs de cette aire. *Haliotis*, vol. II, pp. 157-170.

LUCAS, A., CALVO, J. et TRANCART, M., 1978 - L'effort de reproduction dans la stratégie démographique de six bivalves de l'Atlantique. *Haliotis*, vol. 9, pp. 107-116.

PARACHE, A., 1983a - Contribution à l'étude de la biologie de *Mytilus galloprovincialis* Lamark : comparaison de moulières soumises à des conditions de milieu différentes en relation avec la nourriture disponible. Thèse de 3ème Cycle en Océanologie, Univers. Aix-Marseille II (rédaction en cours).

PARACHE, A., 1983b - Evolution temporelle du poids et de la composition biochimique de *Mytilus galloprovincialis* LMK en Méditerranée Nord-Occidentale. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 28 (3), pp. 235-236.

SHAFEE, M.S. et LUCAS, A., 1980 - Quantitative studies on the reproduction of *Chlamys varia* (L.) from Lanveoc Area (Bay of Brest). *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 42, 171-186.

VAHL, O., 1981 - Age-specific residual reproductive value and reproductive effort in the Iceland Scallop, *Chlamys islandica*. *Oecologia* (Berl.), 51 : 53-56.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé grâce à un contrat passé avec la Direction de l'Equipement d'Electricité De France.

Haliotis, 14, 1984
p. 33 à 38

CROISSANCE COMPAREE DE DEUX ESPECES DE MOULES MYTILUS GALLOPROVINCIALIS LMK. ET PERNA PERNA L. DANS UNE MOULIERE NATURELLE DE LA BAIE D'ALGER

par

Yamina ABADA-BOUDJEMA*, Jacques ALTES* et Marcel MOUËZA**

* Laboratoire de Biologie Marine, Institut de Biologie, U.S.T.H.BOUMEDIENE B.P. 9 DAR EL BEIDA, ALGER, ALGERIE.

** U.E.R. de Biologie, Université Antilles-Guyane, POINTE-A-PITRE, GUADELOUPE.

ABSTRACT: GROWTH OF TWO SPECIES OF MUSSELS, MYTILUS GALLOPROVINCIALIS AND PERNA PERNA IN A NATURAL MUSSEL BED IN THE BAY OF ALGIERS.

Growth of M.galloprovincialis and P.perna was studied using data on the size frequency distribution. The parameters of the Von Bertalanffy growth equation were determined using Ford-Walford's(1933-1946) and Rafail's(1973) methods. Comparison of the theoretical growth curves for the two species indicates that M.galloprovincialis is smaller in maximum size and lower in its maximum weight than P.perna. The use of the mathematical model in this case, reveals an important difference between the determined theoretical life span and that actually observed in the mussel bed.

RESUME:

La croissance de M.galloprovincialis et de P.perna basée sur la distribution des fréquences de taille est étudiée à partir de l'équation de Von Bertalanffy. Les paramètres de cette équation sont déterminés selon les méthodes de Ford-Walford(1933-1946) et de Rafail (1973). La comparaison des courbes de croissance théorique des deux espèces montre que les croissances linéaire et pondérale de M.galloprovincialis sont moins importantes que celles de P.perna. L'utilisation du modèle mathématique dans ce cas, montre une différence importante entre la durée de vie théorique et la durée de vie observée dans la moulière.

KEY-WORDS: Growth - Adjustment - Mathematical model - Life span - Age.

MOTS-CLES: Croissance - Ajustement - Modèle mathématique - Durée de vie - Age.

INTRODUCTION

La croissance absolue peut être appréhendée soit par la lecture directe de l'âge sur des pièces anatomiques dures, soit par l'analyse de la distribution des fréquences de taille. Les traces que peuvent porter les coquilles de Lamellibranches, en Algérie, ne permettent pas de déduire l'âge de ces animaux. Aussi, seule la distribution des fréquences de taille a-t-elle été retenue pour l'étude de la croissance des moules de Bordj El Kiffan.

MATERIEL ET METHODES

Les moyennes mensuelles des cohortes déterminées graphiquement par la méthode de Harding(1949) et Cassie(1954)(Abada-Boudjema et Mouëza, 1981) ont été employées pour l'ajustement à l'équation de Von Bertalanffy(1938):

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

où L_t = longueur au temps t;

L_∞ = longueur asymptotique;

k = constante de croissance;

t_0 = temps théorique quand la longueur est nulle(sans signification biologique)

Les paramètres de cette équation ont été déterminés par les méthodes de Ford-Walford(Ford 1933,Walford 1946) et de Rafail(1973).

L'ajustement à vue,dans la méthode de Ford-Walford est une source d'erreur pour l'estimation de L_∞. Pour avoir un angle θ aussi grand que possible,nous avons dû choisir une unité de temps relativement grande(trois mois).Ceci n'empêche pas d'utiliser la totalité des données - une par mois -. En effet,selon le point initial choisi,on peut obtenir trois séquences distinctes de points définissant trois droites de Ford-Walford.Si ces trois droites sont confondues,on peut grouper tous les points et leur ajuster une droite de Ford-Walford commune que l'on peut assimiler à l'axe principal du nuage de points.(L'étude mathématique du gain réel de précision ainsi obtenue,reste à faire).

La méthode de Rafail(1973) est basée sur une succession d'itérations.L'équation d'ajustement optimal est celle qui minimise la somme des carrés des écarts entre les longueurs observées et les longueurs théoriques.

Ces deux méthodes ont été également utilisées pour l'étude de la croissance pondérale,réalisée à partir de la classique relation taille-poids.

$W_t = b\, L_t^{\alpha}$ avec α peu différent de 3

où W_t = poids total au temps t;

b et α = constantes

L_t = longueur au temps t.

RESULTATS

1. Croissance linéaire

a) Méthode de Ford-Walford(1933 et 1946)

Les trois séquences de points définies pour la détermination de la droite de Ford-Walford sont regroupées dans le tableau I .

L'équation de Von Bertalanffy s'écrit chez:

M.galloprovincialis: $L_t = 62,5(1 - e^{-0,1113(t-0,4286)})$

P.perna : $L_t = 89,5(1 - e^{-0,0878(t-0,7022)})$

Les courbes de croissance(fig.1) montrent que le taux de croissance initial de M.galloprovincialis est plus faible que celui de P.perna.Sa taille maximale est aussi nettement plus faible.

b) Méthode de Rafail(1973)

Chez M.galloprovincialis,l'équation obtenue à la première itération est celle qui s'ajuste le mieux: $L_t = 64,88(1 - e^{-0,1102(t-0,5989)})$

Chez P.perna,c'est l'équation issue de la cinquième itération qui s'ajuste le mieux: $Lt = 72,99(1 - e^{-0,1288(t-0,7446)})$

Les courbes de croissance(fig.1) montrent aussi que M.galloprovincialis a un taux de croissance initial plus faible que celui de P.perna.

L'accroissement théorique annuel devient, au delà de 4 ans, plus faible chez P.perna que chez M.galloprovincialis.

Tableau 1. Longueur L_t et L_{t+1} réparties en trois séquences de points chez M.galloprovincialis (A) et P.perna (B).

	A		B	
	L_t (mm)	L_{t+1} (mm)	L_t (mm)	L_{t+1} (mm)
1° séquence de points	3,0	9,5	5,5	10,5
	9,5	14,0	10,5	16,0
	14,0	21,0	16,0	21,0
	21,0	25,0	21,0	34,5
	25,0	29,0	34,5	37,5
	29,0	33,0	37,5	40,5
2° séquence de points	5,5	11,5	7,5	13,5
	11,5	16,0	13,5	19,0
	16,0	18,5	19,0	22,5
	18,5	25,5	22,5	39,0
	25,5	31,5	39,0	43,0
	31,5	34,5	43,0	43,5
3° séquence de points	7,5	12,5	8,0	14,0
	12,5	17,0	14,0	19,5
	17,0	21,0	19,5	24,5
	21,0	31,5		
Moyennes	17,38	22,26	20,73	26,57
Variances	72,98	65,82	150,14	138,96
Covariances	64,43		127,30	

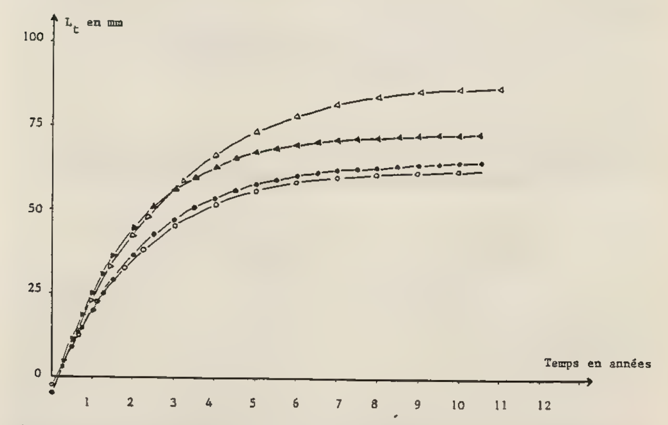


Fig. I Coubes de croissance linéaire chez M.galloprovincialis(o) et P.perna(◁)
Méthodes de Ford-Walford: o et ◁ de Rafail: ● et ◀

2. Croissance pondérale

Les équations sont regroupées dans le tableau 2.

Tableau 2. Equations de croissance pondérale(poids total en grammes) chez M.galloprovincialis et P.perna

	Méthode de Ford-Walford	Méthode de Rafail
M.galloprovincialis	$W_t=12,34(1-e^{-0,1113(t-0,4286)})^{2,82}$	$W_t=13,71(1-e^{-0,1102(t-0,5989)})^{2,82}$
P.perna	$W_t=35,13(1-e^{-0,0878(t-0,7022)})^{2,85}$	$W_t=19,64(1-e^{-0,1288(t-0,7446)})^{2,85}$

Ces résultats montrent que P.perna est plus lourde que M.galloprovincialis quel que soit l'âge(fig.2).

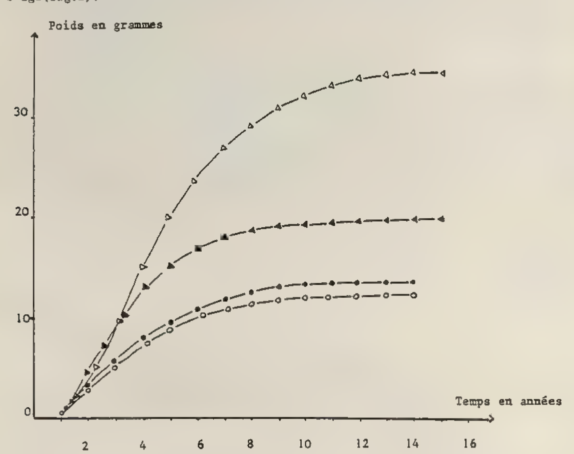


Fig. 2 Courbes de croissance pondérale chez M.galloprovincialis(o) et P.perna(◁)
Méthodes de Ford-Walford: o et ◁ de Rafail: • et ◀

La différence de poids entre les deux espèces est plus marquée par la méthode de Ford-Walford que par la méthode de Rafail.En outre,elle s'accentue avec l'âge quelle que soit la méthode utilisée.

DISCUSSION

L'équation d'ajustement optimal étant celle qui minimise la somme des carrés des écarts entre longueurs théoriques et longueurs observées,il ressort que,dans le cas de M.galloprovincialis,les données s'ajustent mieux à l'équation "Rafail"(Σd^2=1,34) qu'à l'équation "Walford"(Σd^2=3,48).Cependant,malgré la différence entre Σd^2 de Walford et Σd^2 de Rafail,

l'ajustement reste relativement bon quelle que soit la méthode utilisée. Les valeurs de Σd^2 étant bonnes dans les deux cas.

Pour P.perna, l'équation de Walford (Σd^2=28,33) est meilleure que celle de Rafail (Σd^2=82,28), néanmoins, dans ce cas, des valeurs aussi élevées de Σd^2 montrent bien que l'ajustement des données observées à la courbe théorique est toujours mauvais. Outre, un biais d'échantillonnage de l'effectif, un biais sur l'homogénéité de l'échantillon pourrait expliquer ces mauvais ajustements.

La méthode de Ford-Walford étant celle qui a fourni le meilleur ajustement pour P. perna et celle de Rafail, le meilleur ajustement pour M.galloprovincialis, nous nous sommes autorisés à effectuer la comparaison entre les courbes de Ford-Walford de P.perna et de Rafail de M.galloprovincialis.

Il ressort ainsi nettement que l'accroissement annuel théorique est plus faible chez M.galloprovincialis que chez P.perna à n'importe quel âge. La longueur asymptotique théorique - 64,8 mm pour M.galloprovincialis et 89,5 mm pour P.perna - est largement supérieure aux plus grandes tailles récoltées - 51 mm pour la première espèce et 66 mm pour la seconde -. Ces tailles asymptotiques théoriques seraient atteintes, en fait à partir de 7 ans (fig.1) - l'accroissement théorique ultérieur étant négligeable -.

Si les tailles maximales observées sont reportées sur les courbes, il apparaît que celles-ci sont atteintes respectivement en trois ans et en quatre ans révolus. Ceci est en contradiction avec les durées de vie observées qui ne dépassent pas respectivement deux ans et trois ans.

Le poids maximal théorique - 13,71 g pour M.galloprovincialis, 35,13 g pour P.perna est nettement supérieur à ceux des individus les plus lourds récoltés - 8 g pour la première espèce , 16 g pour la seconde - correspondant respectivement aux tailles de 46,6 mm et 63,1mm Ces poids théoriques ne seraient atteints qu'à partir de l'âge de 10 ans .Cependant, si les poids expérimentaux sont reportés sur les courbes théoriques, il apparaît que ceux-ci seraient atteints à l'âge de quatre ans révolus, âge de loin supérieur à celui observé sur la moulière.

Les résultats théoriques montrent de sensibles différences avec les résultats expérimentaux. Du reste différents auteurs dont Theisen(1973), Yamagushi(1975), Seed(1976), Shaffee (1980) soulignent les limites d'application de l'équation de Von Bertalanffy, tout en reconnaissant ses avantages.

Les individus récoltés sur la moulière de Bordj El Kiffan fournissent des données qui ne permettent d'établir que le tiers initial de la courbe théorique, aussi les conclusions auxquelles nous aboutissons doivent elles être envisagées avec prudence. En particulier, les tailles maximales pourraient être atteintes bien avant l'âge de sept ans et être supé - rieures à celles prévues par les courbes, comme le montrent les échantillons provenant d'autres localités de la baie d'Alger,- sur la Jetée Nord du port d'Alger, M.galloprovincialis atteint la taille de 70 mm et P.perna 120 mm(Asso 1982)-. Néanmoins, les courbes obtenues constituent un utile repère d'appréciation pour des travaux ultérieurs sur d'autres moulières naturelles et sur des moules en élevage en Algérie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABADA-BOUDJEMA,Y. et MOUËZA,M.,1981 - Structure des populations d'une moulière naturelle de la baie d'Alger. Acta Oecologica, Oecol. Gener., Vol.2 n° 2 p.183-194.

ASSO,A.,1982 - Contribution à l'étude de polluants métalliques chez la moule Perna perna(L.) dans la région d'Alger.Thèse de 3°cycle,Université Aix-MarseilleII,138p.

BERTALANFFY,L.Von,1938 - A quantitative theory of organic growth - Human Biol.10:181-213.

FORD,E.,1933 - An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924-1933.J.Mar.Biol.Ass.U.K.19:305-384.

RAFAIL,S.Z.,1973 - A simple and precise method for fitting a Von Bertalanffy growth curve. Mar.Biol.19:354-358.

SEED,R.,1976 - Ecology,Marine Mussels:Their ecology and physiology.edited by B.L.BAYNE,International Biolog.Progr.I.B.P.10.

SHAFFEE,M.S.,1980 - Application of some growth models to the black scallops Chlamys varia(L.) from Lanveoc Bay of Brest.J.Exp.Mar.Biol.Ecol.,43:237-250.

THEISEN,B.F.,1973 - The growth of Mytilus edulis L.(Bivalvia) from Disco and Thule district Greenland.Ophelia,12:59-77.

WALFORD,L.A.,1946 - A new graphic method of describing the growth of animals.Biol.Bull.Mar. Biol.Lab.Woods Hole.90:141-147.

YAMAGUSHI,M.,1975 - Estimating growth parameters from growth rate data.Oecologia(Berl.),20, 321-332.

Haliotis, 14, 1984
p. 39 à 48

PREMIERE APPROCHE D'UNE METHODE D'ESTIMATION PREVISIONNELLE DE LA PRODUCTION POTENTIELLE D'HUITRE CREUSE *C. GIGAS* D'ELEVAGE

par

Jean-Paul BERTHOME, Jean PROU, Daniel RAZET et Jaqueline GARNIER
Laboratoire Cultures marines, I.S.T.P.M. Mus du Loup, 17390 La Tremblade

ABSTRACT : FIRST APPROACH OF PREVISIONAL ESTIMATION OF THE POTENTIAL PRODUCTION OF *CRASSOSTREA GIGAS*.

In this study, various spat collectors, factory-made or hand-made are described. Recruiting valuation is realized by calculation of total surface of collectors (aerial photography and sampling method), with modulation by "catching ability" of the different types of collectors.

Total mortality and growth are integrated into production valuation. It can be used to determine the relative fluctuations of commercial oyster production after a culture of three years long.

In Marennes-Oleron, the method is used in two test areas for three years with a great variability of catching between 1980 - 81 - 82.

RESUME :

Dans cette étude, les différents types de collecteurs de naissain, de fabrication industrielle ou traditionnelle sont décrits. L'évaluation du recrutement est réalisée à partir du calcul des surfaces de collecteurs mis à capter (méthode par photos aériennes et échantillonnage sur le terrain), en tenant compte de la "capacité de captage" de chacun des collecteurs étudiés.

L'estimation de la production intègre la mortalité totale et la croissance. Elle peut permettre de prévoir les fluctuations relatives de la production commercialisable après 3 ans d'élevage.

Dans le bassin de Marennes-Oléron, deux sites test ont servi d'exemples d'application de la méthode pour trois années de captage d'ampleur inégale : 1980 - 81 - 82.

MOTS CLES : *Crassostrea gigas* - captage - évaluation de la production - bassin de Marennes-Oléron.

KEY WORDS : *Crassostrea gigas* - spatfall - production valuation - Marennes-oleron basin.

INTRODUCTION

La production annuelle d'huîtres creuses du bassin de Marennes-Oléron représente près de la moitié de la production nationale qui approche les 100 000 tonnes. De plus on peut considérer qu'actuellement près des deux tiers des huîtres commercialisées en France ont été captées entre la Charente et la Gironde.

L'importance de ce captage et les possibilités d'utilisation de nouveaux sites (tant de captage à Marennes-Oléron que d'élevage en Bretagne et surtout en Normandie) nous ont amenés à rechercher une méthode d'évaluation du recrutement annuel. En effet, une

variation même faible de la quantité de naissain capté peut entraîner une chute importante des cours ; il en est de même pour les huîtres commercialisables. Une estimation prévisionnelle est donc nécessaire. Cependant, si les méthodes d'échantillonnage des populations sauvages sont maintenant au point, il n'en est pas de même des populations marines cultivées. En effet, l'intervention continuelle de l'homme doit être prise en compte bien que son évaluation quantitative soit souvent difficile.

MATERIEL ET METHODE

Les deux sites étudiés sont deux secteurs importants de captage : la Seudre et Bonne Anse (fig. 1). Le premier a permis de mettre au point la méthode. Deux séries de sorties en bateau (1978 et 1980) ont permis d'évaluer :

- le nombre total de rangées d'installations de captage et leur longueur totale sur les deux rives
- le pourcentage d'installations réellement utilisées en captage
- les différents types de collecteurs de base et leurs diverses associations sur trois sous-échantillons (1 250 sur plus de 4 600 au total).

La durée d'exploitation des résultats sur les longueurs totales d'installations a été diminuée par l'utilisation de photos aériennes au 1/2 000ème dès 1980 en Seudre et à Bonne Anse les deux années suivantes.

Pour chaque type de collecteurs de base, la surface captante par mètre linéaire d'installation a été calculée.

La "capacité de captage" a été évaluée pour les cinq principaux types de collecteurs ce qui a permis une standardisation à partir du collecteur le mieux représenté, par l'application d'un indice relatif de captage.

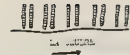
Enfin, chaque année, les données concernant le recrutement ont été obtenues à partir de sites représentatifs de chaque secteur étudié.

RESULTATS

1. Mise au point de la méthode en Seudre

a) Les différents types de collecteurs

La figure 2 montre les différents types de collecteurs de base ainsi que les installations sur lesquelles ils sont déposés. Ils ont déjà été décrits par MARTEIL (1979). Ici, leurs différentes caractéristiques sont jointes.



INSTALLATIONS de CAPTAGE

A gauche en vue du dessus , à droite en vue oblique.

Elles sont constituées de pieux de bois reliés entre eux par des tiges de fer rond.

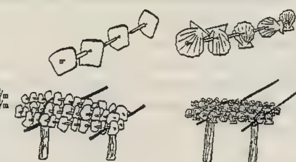
Leur hauteur au dessus du sol varie entre o,50m et 1m



CARACTERISTIQUES

Nombre moyen d'ardoises par broche : 12
Nombre maximum de broches par mètre d'installation : 50
Surface captante maximale : 22m²/m
Surface captante réelle : 15,4m²/m

Indice relatif de captage :
Collecteur standard



broche d'ardoise

broche de coquilles St Jacques

CARACTERISTIQUES

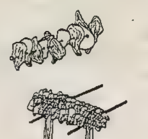
Nombre de coquilles par broche : 12
Nombre maximum de broches par mètre d'installation : 100
Surface captante maximale : 30m²/m
Surface captante réelle : 21 m²/ m.

Indice relatif de captage : 1,05

CARACTERISTIQUES

Nombre moyen de coquilles par broche : 60
Nombre maximum de broches par mètre d'installation : 90
Surface captante maximale : 60 m²/ m.
Surface captante réelle : 42 m²/ m.

Indice relatif de captage : 2,45



broche de coquilles d'huîtres

tube plastique

CARACTERISTIQUES

Nombre de tubes par paquet : 7
Nombre maximum de paquets par mètre d'installation : 50
Surface captante maximale : 31 m²/ m.
Surface captante réelle : 21,7 m²/ m

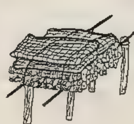
Indice relatif de captage : 1,43

CARACTERISTIQUES

Dimension du pieu (en cm) :
70 X 10 X 2
Nombre de pieux par mètre d'installation : 20
Surface captante maximale =
Surface captante réelle = 3,44 m²/ m

Indice relatif de captage :
(non calculé)





CARACTERISTIQUES

Dimension de la poche en cm : 100x50
Nombre de coquilles d'huîtres par poche : environ 650
Nombre maximum de poches par mètre d'installation : 10
Surface captante maximale : 55 m²/ m
Remarque : n'est jamais utilisé seul mais recouvre sur une seule épaisseur d'autres types de collecteurs

Indice relatif de captage : 1,17

poches de coquilles d'huîtres

pieu d'ardoise

fig. 2 : Les différents types de collecteurs de base.

Les collecteurs de type "broche" sont constitués de coquilles ou d'ardoises percées en leur centre et enfilées sur une tige de fil de fer galvanisé de 18 à 20/10ème de mm de diamètre et de 1,20 m de long. Chaque extrémité du fil est recourbée. Les différents éléments peuvent être ou non séparés par des petits tubes de plastique de 1 cm de diamètre et de 8 à 10 cm de longueur. La différence observée entre la surface captante maximale et la surface captante réelle tient au fait que la réglementation en vigueur autorise un dépôt de 50 cm de collecteurs sur les installations alors que les professionnels n'en déposent en moyenne que 35 cm.

b) Importance relative des différents types de collecteurs

Les différents types de collecteurs de base précédemment décrits sont parfois utilisés seuls sur une rangée d'installation. Cependant, le plus souvent, ils sont associés par deux ou trois types sur une même rangée.

Le tableau 1 montre l'importance relative actuelle des principaux types de collecteurs sur l'ensemble de la Seudre. Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport au nombre total des différents types de collecteurs ou d'associations de collecteurs utilisés.

Les broches d'ardoises, présentes (seules ou en association) dans 41 % des cas, ont été choisies comme collecteurs standard.

Collecteurs de base	%	Collecteurs associés	%
broche d'ardoise	11,2	broche d'ardoises + broche d'huîtres	18,5
broche d'huîtres	7,8	broche d'ardoises + broche de coquille St Jacques	6,8
broche de coquille St Jacques	5,8	Tube plastique + broche de coquille St Jacques	4,0
tube plastique	4,4	broche de coquille St Jacques + broche d'huîtres	1,[illegible]
tuile d'ardoise	4,4	broche d'ardoise + broche d'huîtres + poche d'huîtres	4,2
représentativité de l'ensemble 68,6 % sur un total moyen de 3[illegible] types de collecteurs ou associations de collecteurs.			

Tableau 1 : Importance relative des principaux collecteurs.

c) La "capacité de captage"

Elle pourrait être définie comme étant le nombre de naissains encore fixés au bout d'un an par mètre linéaire d'instaliation. Si ce terme a peu de signification dans l'absolu, il permet de comparer l'efficacité relative des principaux types de collecteurs et de procéder à une standardisation. Le captage peut être très variable en fonction du type de collecteur utilisé et de sa position sur les installations (CRANFIELD, 1968).

Cinq types de collecteurs posés au même endroit (Pont de la Seudre) et au même moment (juillet 80) ont été observés au bout d'un an. Cette date se situe juste avant la séparation des huîtres de leur support collecteur . Le tableau 2 montre la capacité de captage et l'indice relatif de captage des collecteurs étudiés.

d) Croissance et mortalité

Les croissances des huîtres observées sur les parcs expérimentaux de l'I.S.T.P.M. se sont avérées être supérieures à celles obtenues par les professionnels de l'ostréiculture. Ceci est sans doute dû à un travail à petite échelle avec des densités d'élevage parfois inférieures.

Afin de procéder à une évaluation la plus proche possible de la réalité, la croissance moyenne utilisée dans cette étude est définie comme suit :

Le cycle d'élevage moyen d'une huître est de trois ans. La classe de poids la mieux représentée à la vente est celle de la norme M3 (AFNOR, 1978) : 65 à 80 g, moyenne à 72,5 g. Cette dernière valeur a été retenue dans les calculs, bien qu'expérimentalement des huîtres de même âge atteignaient 92,5 g en décembre 1981 et 79,5 g en décembre 1982.

La mortalité est la plus importante au cours de la première année comme le montre le tableau 3.

Collecteurs étudiés	Densité de naissain	Indice
broche d'ardoise	66 000 ± 10 500	1,00
broche de coquille St Jacques	59 000 ± 11 300	1,05
broche d'huîtres	162 000 ± 26 500	2,45
tube plastique	94 550 ± 15 500	1,43
poche d'huîtres	77 000 ± 12 600	1,17

Tableau 2 : Capacité de captage et indice relatif de captage des 5 principaux types de collecteurs.

Il est à remarquer que les mortalités enregistrées au cours de la première année d'élevage conduisent à une certaine régulation de la densité de naissain.

Lors du "détroquage", séparation des huîtres de leur support collecteur, la mor- mortalité moyenne est de 25 %. Ensuite elle est voisine de 5 % par an.

Collecteurs étudiés	1 mois après	1 an après	Mortalité
broche d'ardoise	61,6 ± 4,[illegible]	30,6 ± 2,4	50 [illegible]
broche de coquilles d'huîtres	91 ± 5	27,4 ± 1,5	70 %
broche de coquilles St Jacques	40,5 ± 1,8	23,1 ± [illegible]	[illegible]
tube plastique	58 ± 5	31 ± 2,6	47 %
poches de coquilles d'huîtres	32 ± 2,4	14 ± 1,1	56 %

Tableau 3 : densité de naissain par dm^2.

e) Evaluation de la production potentielle

La méthode d'évaluation a été testée pour la première fois en Seudre (BERTHOME et al., 1981). Elle tenait compte à la fois les données sur les longueurs d'installations de 1978 (elles étaient maximales à cette date) et sur le recrutement de 1980 (année de bon captage). Les résultats obtenus sont brièvement rappelés ci-dessous.

En Seudre, 4 650 rangées d'installations effectivement utilisées ont été dénombrées. La longueur moyenne de celles-ci était de 13 m sur la rive gauche (2 082 rangées) et de 6 m sur la rive droite (2 568 rangées) soit un total de 42 474 m.

En appliquant les indices relatifs de captage aux dix types de collecteurs les mieux représentés (68,6 % du total) en tenant compte de leur importance relative, coefficient moyen obtenu est de 1,41, soit une surface captante moyenne de 15 ,4 x 1,41 = 21,7 m^2/m d'installation, la broche d'ardoise étant toujours prise comme collecteur standard. La surface théorique mise à capter serait donc de 920 000 m^2.

La densité moyenne du recrutement a été calculée en tenant compte du captage effectivement réalisé et de l'importance relative des zones échantillonnées. Ces données, recueillies dans le mois suivant le captage ont fourni pour l'ensemble de la Seudre une densité de 16 naissains/dm^2 de collecteurs soit un total de 1,475 milliards d'individus.

La mortalité moyenne (tenant compte de la représentativité des différents collecteurs) au cours de la première année a été de 56 % ce qui conduit à un nombre de 650

millions de naissains au bout d'un an de développement sur les collecteurs. Elle reste cependant inférieure à celle observée par HIS (1978) dans le bassin d'Arcachon.

Après le détroquage (mortalité 25 %) 488 millions d'individus ont été mis en élevage au bout de 18 mois. Ces huîtres, élevées pendant deux ans, avec une mortalité de 5 % par an ont fourni 440 millions d'individus commercilisables de 3 ans et demi.

La classe de poids la mieux représentée a pour moyenne 72,5 g, ce qui conduit finalement à une production potentielle de l'ordre de 30 000 tonnes (calculée à 31 900 t ± 7 690 t).

Cette estimation concernait le potentiel théorique de production de la Seudre. La présente étude a pour but d'utiliser cette méthode à des fins prévisionnelles à partir des données de recrutement effectivement observées. De plus, cette technique devrait être affinée notamment en ce qui concerne les erreurs introduites dans les observations.

Trois séries d'imprécisions ont été relevées :

- sur les longueurs d'installations : l'erreur probable de l'observateur a été estimée à 1 mm sur chaque longueur observée sur les photos aériennes (longueur moyenne des rangées = 13 mm). L'erreur est de 7,7 %

- sur les surfaces par mètre linéaire d'installation : l'erreur est liée aux variations du nombre de collecteurs déposés par mètre. Elle est de 3/35 pour les broches d'ardoises et les tubes plastique et de 6/70 pour les broches d'huîtres et de coquilles St Jacques. En moyenne, l'imprécision est de 8,6 %.

- sur les densités de naissains/dm^2 de collecteurs : l'erreur calculée à partir de l'intervalle de confiance à 95 % de la moyenne observée pour chaque type de collecteurs, est de 7,8 %.

Au total, en Seudre, l'estimation de l'erreur totale est de 24,1 %.

Dans le secteur de Bonne Anse, pour lequel la même méthode a été appliquée, ces pourcentages d'erreur sont respectivement de 3,3 %, 8,6 % et 6,42 % soit au total 18,3 % d'erreurs.

2) Application de la méthode

Il convient de noter que l'indice relatif de captage moyen d'un secteur doit être recalculé chaque année car la représentativité des différents types de collecteurs de base ou d'associations peut évoluer sensiblement.

En 1981 et 1982, la répartition des différents types de collecteurs les mieux représentés était la suivante (qu'ils soient seuls ou en association sur une même rangée d'installation) :

40 % broches de coquilles St Jacques
40 % tubes plastique
10 % broches d'ardoises
10 % broches de coquilles d'huîtres.

Le secteur de Bonne Anse bénéficie très souvent d'un captage extrêmement abondant. Dans ce cas, la mortalité naturelle liée à la compétition spatiale au cours de la première année conduit à une densité moyenne d'individus survivants calculée à 18,9 ± 1,17 naissains/dm^2 de support collecteur.

	SEUDRE				BONNE ANSE	
Année de captage	1978		1980	1982	1981	1982
Longueur totale d'installation (m)	42 470		33 900	42 400	27 950	30 550
Indice moyen de captage	1,41		1,42	1,35	1,34	1,34
Surface captante totale réelle (m^2)	924 000		736 000	880 000	577 000	795 200
	professionnels	ISTPM				
densité naissains par m^2	2,8	7,5	16	19	14,4	51
nombre d'individus survivants x 10^5						
après 1 mois	258,7	693	1 178	1 672	830	4 056
après 1 an	113,8	304,9	518	735,6	365	1 500
après 18 mois	85,4	228,7	388,5	551,8	274	1 130
après 3 ans et demi	77,1	206,5	350,2	498,2	247	1 020
production théorique en tonnes	5 590	14 971	25 389	36 120	17 908	73 950
erreur estimée	± 1 350	± 3 608	± 6 118	± 8 700	± 8 277	± 13 532
année de production	1981		1983	1985	1984	1985

Tableau 4 : production estimée des secteurs de Seudre (1978, 80, 82) et de Bonne Anse (1981, 82).

Enfin dans le cas de la Seudre en 1978, le calcul de la production théorique potentielle a été effectué à partir de deux types de données :

- le recrutement observé sur les collecteurs des ostréiculteurs qui les avaient disposés trop tôt, entraînant le développement de salissures néfastes à la fixation du jeune naissain d'huîtres.
- le recrutement observé sur des collecteurs test déposés par nos soins à la date optimale.

Tous les résultats concernant nos évaluations sont consignés dans le tableau 4.

DISCUSSION

Les évaluations ainsi obtenues peuvent paraître quelque peu surestimées au regard de la production nationale d'huître creuse déclarée (95 000 tonnes en 1980, 72 000 tonnes en 1982). Certains éléments supplémentaires peuvent en effet intervenir : mortalités exceptionnelles, croissance faible, mais surtout l'intervention des professionnels de l'ostréiculture qui comblent partiellement les aléas de production en ne mettant en élevage qu'une partie du captage, et en diminuant la croissance des huîtres (mise sur des terrains de faible coefficient de marée) lorsque le recrutement est trop abondant. A l'inverse, lorsque le captage est faible, même les collecteurs très peu garnis sont mis en élevage.

Cependant une rapide estimation effectuée à partir de données professionnelles - un collecteur donne 15 kg d'huîtres marchandes - conduirait à une production nationale de près de 150 000 tonnes.

Quoiqu'il en soit, la méthode proposée n'a pas pour but de fournir une production absolue, mais plutôt de faire apparaître les variations relatives que l'on peut prévoir dans les années prochaines.

A titre d'exemples, si l'on recale les productions théoriques moyennes des deux secteurs témoins (recalculés sur 5 ans) : 25 000 tonnes en Seudre et 40 000 tonnes à Bonne Anse par rapport à la production nationale de 1981 qui était de 83 000 tonnes, on obtient les résultats suivants : Seudre 0,30 et Bonne Anse 0,48. En supposant que ces rapports restent inchangés l'augmentation prévisible de la production conduirait en 1985 à un tonnage national vendable compris entre 130 000 ± 31 300 et 158 000 ± 28 900 tonnes. Certes le déficit prévisible de 1984 (production théorique nationale 40 000 tonnes) pourrait être en partie comblé par la vente d'huîtres plus jeunes et par le fait que dans certains bassins ostréicoles (Normandie par exemple), les huîtres sont élevées en deux ans. A l'inverse certaines huîtres nées en 1982 pourraient avoir leur croissance freinée et être vendues en 1986 si le captage 1983 était faible, ce qui n'est pas le cas.

Tout ceci montre les limites actuelles d'une telle méthode. Cependant elle peut contribuer à une meilleure gestion des bassins conchylicoles. Il est souhaitable maintenant de chercher à réduire les imprécisions introduites dans les calculs.

Les évaluations actuelles des biomasses en élevage comportent des erreurs relatives très variables : 2,3 % dans la baie de Bourgneuf (SAINT-FELIX et al., 1983), 7,9 et 8,6 % sur le banc d'Agnas (bassin de Marennes-Oléron) (LATOUR, 1983), 29 % dans

l'étang de Thau (HAMON et al., 1981). L'évaluation du recrutement effectuée en rivière d'Auray (MARTIN et al., 1980) atteint une précision de ± 8,8 %. Auprès de ces évaluations de bilan, une estimation prédictive introduit obligatoirement une marge d'erreur supplémentaire liée au fait même d'anticiper sur les taux de croissance et de mortalité des années ultérieures.

REFERENCES BILIOGRAPHIQUES

ANONYME, 1978.- Coquillages, huîtres creuses, classification.- AFNOR, NFR45 - 056.

BERTHOME, J.P., RAZET D. et GARNIER J., 1981.- Description, évolution et importance des différentes techniques de captage en rivière Seudre (bassin de Marennes-Oléron) : incidence sur la production d'huîtres creuses *C. gigas*.- Note au CIEM, n° K 30.

CRANFIELD H.J., 1968.- Some effects of experimental procedure of settelment of *Ostrea lutaria* Hutton.- N.Z. Jl. mar. Freshwat. Res., 4.

HAMON P.Y. et TOURNIER H., 1981.- Estimation de la biomasse en culture dans l'étang de Thau (été 1980).- Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit., n° 313 1-23.

HIS E., 1978.- Une expérience de production de "naissain naturel un à un" sa croissance dans le bassin d'Arcachon.- Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit., n° 280 (mai 78).

LATOUR E., 1983.- Mise au point d'une méthode d'estimation de la biomasse d'huîtres en élevage dans un site test du bassin de Marennes-Oléron.- DAA, ENSA Rennes, 39 p., 44 annexes.

MARTEIL L., 1979.- La conchyliculture française, 3ème partie : l'ostréiculture et la mytiliculture.- Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 43 (1) 5 - 130.

MARTIN A.G., GRIZEL H. et LANGLADE A., 1980.- Evaluation du recrutement d'huîtres plates (*Ostrea edulis*) collectées sur tuiles dans le quartier d'Auray (Bretagne) en 1979.- Note au CIEM, CM : k 31.

SAINT-FELIX C., BAUD J.P. et HOMMEBON P., 1983.- Estimation de la biomasse ostréicole de la baie de Bourgneuf (1982).- Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit., 333 : 3 - 9.

Haliotis, 14, 1984
p. 49 à 68

BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION DE MOLLUSQUES BIVALVES D'IMPORTANCE COMMERCIALE EN MEDITERRANEE

PAR

Pierre E. LUBET.

Laboratoire de Zoologie et ERA-CNRS-070491
Université, 14032 CAEN CEDEX

ABSTRACT

The biology of reproduction of Bivalvia of commercial value in the Mediterranean sea.

In the Mediterranean sea, very few species of Bivalves can constitute large natural beds widely fished since antiquity ; oyster and mussel farming has been developed with original technologies. Mytilus galloprovincialis, which has a wide geographic range exhibits different reproductive strategies along a thermic line. The experimental studies of the external factors have shown that the sexual activity is inhibited by temperatures lower than 6° C and higher than 16° C. In these warmest conditions the animals get in a rest stage and accumulate reserves.

Cerastoderma glaucum, which has a very wide geographic range, presents a sexual behaviour apposed to the one of the preceding species, with strategies suitable for the drastic summer conditions of the Mediterranean lagoons. The experimental studies point out that temperature acts on the sexual activity by accelerating gametogenesis up to values nearing to TL 50.

Similar observations concerning both reproduction in the geographical range and experimental studies of the thermic action on the sexual cycle have been obtained with Ostrea edulis, Crassostrea gigas & Ruditapes decussatus.

In the coldest areas of their geographical range O. edulis & C. gigas are restricted by the limit of their spawning temperatures and in the warmest areas by the subletal temperatures (TL 50).

INTRODUCTION

En Méditerranée, de nombreuses espèces de Mollusques bivalves peuvent constituer d'importants gisements naturels largement exploités depuis l'antiquité ; l'ostréiculture et la mytiliculture s'y sont également développées grâce à la mise en oeuvre de techniques originales.

La liste, non exhaustive, des principales espèces commercialisées peut s'établir comme suit : Pecten jacobaeus, Proteopecten glaber, Chlamys varia, Modiolus barbatus, Mytilus galloprovincialis, Ostrea edulis, Crassostrea gigas, Cerastoderma glaucum, Venus verrucosa, Venus gallina, Ruditapes decussatus, Venerupis aureus, Mactra glauca, Mactra corralina, Donax trunculus, Lithophaga lithophaga.

Il convient de remarquer qu'à part Pecten jacobaeus Proteopecten glaber et vraisemblablement Lithophaga lithophaga, les autres espèces citées ci-dessus ne sont pas confinées dans le bassin méditerranéen et qu'elles occupent, pour la plupart d'entre elles, des aires de répartition géographique parfois très étendues et dont la Méditerranée constitue la limite méridionale.

Il sera donc important d'étudier, pour chacune d'entre elles, les stratégies de reproduction dans les différentes régions de leur aire de répartition afin de mieux connaître les facteurs agissant sur le recrutement et pouvoir apprécier l'effort de reproduction. En effet, la connaissance de ces données est indispensable aux études de dynamique des populations destinées à établir des stratégies d'exploitation rationnelle des stocks. Ces données sont également fondamentales dans le domaine de la conchyliculture : recherche et utilisation de nouveaux sites, amélioration des technologies de captage et d'élevage.

Parmi les espèces citées, seul un petit nombre d'entre elles a donné lieu à des recherches approfondies sur les populations naturelles ou de culture et éventuellement sur l'analyse expérimentale de l'action de quelques facteurs du milieu sur la reproduction. Nous nous limiterons donc à quelques exemples parmi les espèces les plus étudiées.

1° MYTILUS GALLOPRIVINCIALIS (L M K)

Mytilus galloprovincialis et M. edulis sont actuellement considérées (LUBET et al. 1983) comme deux sous-espèces en voie de spéciation, occupant des domaines de répartition distincts, septentrional pour M. edulis et plus méridional pour M. galloprovincialis, bien que présentant une zone où elles sont sympatriques (Manche occidentale) (Fig. 1).

1 - 1 Cycle annuel de reproduction (Fig. 2).

Il est bien connu pour M. edulis (LUBET, 1981),

...

estival dans les régions nordiques puis progressivement étalé presque toute l'année et devenant hivernal et printannier dans les zones les plus méridionales (Atlantique).

L'amplitude du cycle annuel de reproduction de M. galloprovincialis subit également de larges variations en fonction de la latitude comme le montre l'analyse des travaux aes Auteurs : S E E D (1971) - Iles Britanniques), LUBET et al (1981-Normandie, Bretagne, Côtes Atlantiques, Côtes Méditerranéennes de la France et du Portugal), LE PENNEC (1981 - Bretagne), AVDREI (1958 - Espagne), RENZONI (1961, 1962 - Italie), H R S BRENKO (1972 - Yougoslavie). Les faits suivants peuvent être mis en évidence.

A - Le cycle sexuel annuel est très étalé dans les zones septentrionales de l'aire de répartition (Bretagne, Iles Britanniques) où l'on rencontre toute l"année des animaux mûrs. Il existe vraisemblablement de nombreuses pontes ou spermiations de faible intensité mais il ne semble pas apparaître de véritable période de repos sexuel, le tissu de réserve restant peu développé chez la plupart des individus et coexistant avec la gonade (SEED - 1971) en automne.

Un véritable repos sexuel estival apparait dans les stations atlantiques (Arcachon, péninsule Ibérique) et de la Méditerranée européenne.

Le cycle sexuel s'étale de l'automne à la fin du printemps de l'année suivante, avec en général 2 à 3 pontes importantes pour le recrutement - surtout la ou les pontes hivernales. Les populations de la limite méridionale de l'aire de répartition (Tunisie - Bizerte) montrent un allongement significatif du stade de repos sexuel (de mai à fin octobre) et un raccourcissement de la période de reproduction avec une seule ponte massive en fin janvier assurant le recrutement (LUBET et al. 1981)

B - L'effort de reproduction est également très inégalement réparti au cours de l'année. Largement étalé dans les zones septentrionales, il ne nécessite vraisemblablement pas pour être soutenu pendant l'hiver d'importantes réserves, d'autant que l'on constate pendant cette période la lyse de nombreux ovocytes qui remet en circulation un apport non négligeable de métabolites. Par ailleurs (SEED, 1971), l'intensité du cycle sexuel s'affaiblit de septembre à décembre période où le tissu de réserve atteint son maximum de développement.

L'allongement de la période de repos sexuel et l'augmentation concommitante des réserves (glycogène - glyco et lipoprotéines) coincide avec des efforts de reproduction de plus en plus limités dans le temps, jusqu'à une ponte unique comme en Tunisie, et mobilisant de plus en plus d'énergie. D'après LUBET (1959) LUBET et al. 1978), GABBOTT (1976) les réserves métaboliques, en particulier le glycogène, et la gonade évoluent en sens inverse, les réserves servant à l'édification des gamètes, système du type "on-out".

C - Ces résultats sont d'interprétation très difficile, NEWELL et al (1982) ont montré, chez des populations de M. edulis de la côte est des U.S.A. (Long Island. N.Y.) des différences

...

significatives dans les cycles de reproduction bien que les conditions thermiques soient supperposables. Ils interprètent ces comportements comme liés aux variations temporelles et quantitatives, entre les différentes stations, du contenu énergétique de l'apport nutritionnel. Nous avions formulé une hypothèse similaire (LUBET, 1959) en étudiant des populations de M. galloprovincialis de la Baie d'Arcachon et du Golfe de Gascogne.

Par ailleurs, BAYNE (1976) utilisant la notion de "day degree", avait attiréľ'attention sur l'importance de la température dans l'évolution des phénomènes sexuels. LUBET et al (1981), analysant les conditions thermiques dans l'aire de répartition de M. Galloprovincialis avaient formulé l'hypothèse d'une action inhibitrice des températures supérieures à une plage thermique de 16 à 18 ° sur le cycle de reproduction et trouvé une corrélation significative entre la durée de la période de repos sexuel l'amplitude de l'écart thermique annuel de l'eau de mer.

L'action de la température sur la reproduction étant susceptible d'analyse expérimentale, nous avons mené cette étude sur M. edulis et M. galloprovincialis.

1 - 2 - Recherches expérimentales :

Elles ont porté sur l'analyse expérimentale de l'effet de la température sur le cycle sexuel de M. edulis (LUBET, 1983).

Des lots de moules prélevés à différentes périodes de leur cycle annuel (repos sexuel, première gamétogénèse, restauration après la première ou la 2è ponte) ont été élevés à l'obscurité, après acclimatation, à des températures de 4 °, 8°, 11°, 18°, les autres facteurs ayant été maintenus constants.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

A - Les animaux élevés aux différentes températures ci-dessus depuis le début de la période de repos sexuel (St. 0) juillet ont repris simultanément leur activité sexuelle (St. I, multiplication des gonies) en même temps que les animaux de leur station naturelle d'origine. La programmation de la durée de la période de repos sexuel semble donc s'effectuer antérieurement à l'arrêt total des phénomènes sexuels.

B - Une fois le reprise de l'activité génitale effectuée, l'obtention des animaux murs demande en moyenne 1 000 D.D. (day-degree) ; la première reproduction ayant été observée en juin à 4° C, en mars à 8°, en février à 11° C. Par contre à 18°C on n'observe aucune accélération de la ponte mais au contraire un freinage des phénomènes sexuels et lyse de nombreux ovocytes.

C - Le conditionnement thermique d'animaux ayant effectué la première ponte (avril) montre que les températures de 4° et 8° prolongent la durée du cycle sexuel bien qu'il apparaisse une très faible proportion d'animaux en repos sexuel en juillet. Par contre des températures supérieures à 12 ° C arrêtent progressivement le cycle sexuel.

...

A 18 ° C, la reproduction s'arrête chez tous les animaux qui entrent en période de repos sexuel.

D - Les mêmes expériences réalisées pendant la fin du cycle sexuel, période de restauration qui suit la 2è ponte (mai), montrent qu'à toutes les températures, les animaux s'engagent irréversiblement vers le repos sexuel annuel, les basses températures (4 °, 8 ° C) ne faisant que retarder temporairement ce phénomène. La programmation est donc déjà effectuée.

E - Les pontes ou spermiations ont été observées, dans la nature ou expérimentalement à des températures comprises entre 3 ° et 24 ° C. Cette dernière température étant vraisemblablement voisine du T L 50 de cette espèce.

Ces expériences montrent que la programmation de la période de repos sexuel obéit vraisemblablement à un rythme intrinsèque sur lequel la température agirait à la façon d'un synchronisateur à la fin du cycle sexuel annuel. Les températures supérieures à 12 ° C ralentiraient puis arrêteraient (18 ° C) l'activité sexuelle mais l'accélération du métabolisme favoriserait l'accumulation des réserves. Il faut d'ailleurs remarquer que cette période coincide avec celle de la productivité primaire maximale (bloom printanier), l'importance des réserves (glycogène) conditionnant celle de l'effort de reproduction du cycle sexuel ultérieur. Les pontes peuvent s'effectuer dans une très large gamme thermique, les expériences ci-dessus ayant permis de reproduire les stratégies de reproduction d'animaux des zones septentrionales, ou tempérées de l'aire de répartition.

Des expériences similaires sont en cours avec M. galloprovincialis. Les premiers résultats obtenus semblent confirmer les données acquises sur M. edulis. Toutefois, M. galloprovincialis est très sensible aux températures inférieures à 5 ° C. Par ailleurs, l'arrêt du cycle sexuel après la période de reproduction serait programmé par des températures plus élevées que celles affectant M. edulis et supérieures à 16 ° C.

En conclusion, les observations et les données expérimentales précédentes permettent de commencer à comprendre, bien que de nouvelles recherches soient indispensables, la répartition géographique des deux sous-espèces et leurs différentes stratégies de reproduction. Toutefois, le problème reste posé de l'existence de la sélection de "races physiologiques" ayant une base génétique, le long d'une cline latitudinale.

2 ° CERASTODERMA GLAUCUM (Poiret)

Cette espèce pionnière, très euryhaline et eurytherme peut occuper des zones franchement marines comme des lacunes dessalées (ZAOUALI, 1974).

Sa répartition géographique est également très étendue (LUBET, 1981), de la Norvège aux côtes africaines de la Méditerranée (Fig. 3).

...

2 - 1 - Cycle annuel de reproduction (Fig. 4)

Il est bien connu dans différentes régions de l'aire de répartition géographique grâce aux travaux de RYGG (1970 - Norvège), de BOYDEN (1971 - Royaume-Uni), de GIMAZANE et LUBET (1971 - France), de IVELL (1979 - Italie), de ZAOUALI (1974 - Tunisie). Le cycle de reproduction printannier et estival dans les zones septentrionales (une ou deux pontes principales) devient pratiquement continu en Italie du sud (IVELL, 1979) et en Tunisie (ZAOUALI, 1974). Toutefois, les conditions catastrophiques affectant les lagunes en saison estivale, dans la Méditerranée, provoquent des mortalités massives, les animaux étant soumis à des températures létales, chez les individus qui arrivent à franchir cette période, la proximité de la TL 50 arrête totalement la reproduction en été.

La période d'arrêt sexuel fin de l'automne et hiver dans les zones septentrionales et tempérées disparait dans les régions méridionales. Toutefois les animaux de ces secteurs (Italie du sud, Tunisie) présentent un tissu de réserve qui coexiste avec une gonade active. Le même phénomène a été signalé ci-dessus pour M. galloprovincialis mais inversé en latitude et affectant les populations septentrionales. Le comportement sexuel de C. glaucum (cycles annuel de reproduction suivant une cline latitudinale, durée de la période de repos sexuel) apparaît donc inversé par rapport à celui de M. galloprovincialis.

2 - 2 - Recherches expérimentales :

Elles sont encore très fragmentaires et limitées à des recherches de GIMAZANE et LUBET (1972). Le conditionnement thermique (18 ° C) a été réalisé à différentes périodes du cycle annuel.

Les animaux conditionnés à la fin du cycle de reproduction et au début du stade de repos sexuel (novembre à décembre) reprennent leur activité sexuelle avec un à deux mois d'avance sur les témoins. Par contre les animaux élevés à 18 ° C en janvier et février ne présentent pas d'avance significative du début de la gamétogénèse par rapport aux témoins. Cette période du repos sexuel est donc réfractaire à l'action de la température.

Une fois que le cycle sexuel a repris, il est accéléré par l'élévation de la température jusqu'aux valeurs proches du TL 50 (27 - 28 ° C) où il est alors fortement perturbé.

Enfin, les températures de pontes repérées dans la nature par les auteurs se situent entre 12 ° C et 24 ° C.

L'hypothèse a été formulée que la reprise du cycle sexuel annuel dépende d'une horloge interne dont le rythme pourrait être modifié par des agents "synchronisateurs" parmi lesquels la température pourrait jouer un rôle essentiel ; elle serait déterminante à la fin du cycle sexuel, son influence diminuant progressivement pour devenir nulle en hiver (janvier - février).

Ceci expliquerait pourquoi, dans la nature, les dates de

...

reprise de l'activité génitale sont indépendantes des conditions thermiques qui règnent pendant cette période mais semblent liées aux températures de l'automne précédent.

<u>En Conclusion</u> : <u>C. glaucum</u>, espèce à vaste répartition géographique, présente un cycle de reproduction printannier et estival qui devient très étalé dans l'année dans les zones les plus chaudes de la Méditérranée (milieux lagunaires) avec la possibilité d'une interruption estivale lorsque les conditions thermiques deviennent proche du T L 50. Là aussi se pose le problème de l'existence éventuelle de races géographiques. Des données expérimentales, encore fragmentaires, montrent également l'influence de la température sur le cycle de reproduction.

3° <u>VENERUPIS DECUSSATUS</u> (L.)

Cette espèce présente également une aire de répartition assez vaste, des Iles Britanniques au Sud de la Méditerranée (Fig. 5)

3 - 1 - <u>Cycle annuel de reproduction</u> : (Fig. 6)

Il commence a être connu grâce aux recherches de LE PENNEC (1981) et BENINGER (1981) en Bretagne, de VILLELA (195) au Portugal, de GALLOIS (1951) dans l'Etang de Than et à nos observations sur du matériel de Normandie, d'Arcachon et de Tunisie.

Les résultats obtenus jusqu'ici semblent rapprocher le comportement de cette espèce de celui de <u>Cerastoderma glaucum</u>.

Le cycle sexuel s'étale de la fin de l'hiver à l'automne avec des pontes estivales (juillet de septembre), la première émission semblant être la plus importante pour le recrutement. La durée du cycle sexuel semble être plus longue dans les stations méridionales (Tunisie) où elle couvrirait pratiquement toute l'année. Là aussi, les températures proches du TL 50 dans les lagunes perturbent ou arrêtent en été la gamétogénèse. Il semble également que l'on passe d'une émission massive estivale de gamètes, dans le domaine septentrional, à deux pontes (printemps -automne) dans l'Etang de Thau et à plusieurs pontes printannières et automnales en Tunisie. La période de repos sexuel se situe en hiver avec un abondant développement du tissu de réserve, toutefois ce dernier peut coexister avec une gonade en activité en Tunisie pendant la période hivernale.

Enfin, on n'a pas encore de données précises sur l'existence ou l'absence d'une température minimale limitant la ponte. Des observations personnelles en Tunisie nous ont montré que le TL 50 semble se situer vers 28 - 29 ° C. Là aussi se pose le problème de l'existence de "races physiologiques".

3 - 2 - <u>Recherches expérimentales</u> :

Bien que de nombreuses écloseries aient réalisé le conditionnement thermique de <u>V. decussatus</u> et <u>V. phillipinarum</u>,

...

les résultats restent encore confidentiels ou peu exploitables. Quelques expériences menées dans notre laboratoire nous ont révélé que, lorsque le cucle sexuel était engagé, le comportement de V. decussatus vis à vis d'une élévation thermique était proche de celui de C. glaucum.

4° OSTREIDES

Ostrea edulis (L.) forme des gisements exploités en Italie, Yougoslavie et en Grèce ; elle est également cultivée, essentiellement en Yougoslavie. Sa répartition géographique très vaste s'étend de la Norvège à la Méditerranée (Fig. 7).

Crassostrea gigas (Thbg) a été introduite en Europe après 1970, à la suite de la "maladie des branchies" qui a détruit C. angulata Lmk.

A - Ostrea edulis : Contrairement aux espèces précédentes, cette huître est hermaphrodite asynchrone, avec succession au cours du cycle sexuel annuel d'une phase mâle puis femelle ou l'inverse ; elle est larvipare.

Le cycle de reproduction a bien été étudié par SPARCK (1924), ORTON (1927), SASKENA (1950), KORRINGA (1955), MARTEIL (1960), FILIC (1975). Il présente relativement peu de variations latitudinales. Notons cependant un allongement de la période de reproduction du Danemark à la Méditerranée (Fig. 8). Toutefois, la période de repos sexuel, automnale et hivernale existe chez toutes les populations de l'aire géographique de répartition. KORRINGA (1955) a mis en évidence l'existence d'une plage thermique minimale, au dessous de laquelle l'émission des larves n'est plus possible. Il a pu montrer des différences significatives entre les populations les plus nordiques (température minimale de 14 - 15 °C), les populations de la Manche et du domaine Atlantique (17 - 18 ° C) et celles de la Méditerranée (20 ° C). Les travaux de WILKINS & MATHERS (1974), et POUVREAU (1977) sur le polymorphisme enzymatique de différentes populations ont jusqu'ici permis de distinguer trois types de génotypes distincts respectivement pour la Mer du Nord, la Manche, l'Atlantique et la Méditerranée. Il est possible que ces différences génétiques coïncident avec ces "races physiologiques" présentant des sensibilités thermiques différentes. Quelques données pratiques sembleraient venir à l'appui de cette hypothèse. Les huîtres provenant de Méditerranée où leur naissain obtenu en écloserie s'acclimatent très mal en Normandie ou Bretagne. Par ailleurs, il existe en profondeur, au large des côtes Nord de la Tunisie, des bancs d'huître plate. Ces dernières n'ont pu s'acclimater dans les stations plus littorales (Lac de Bizerte) soumises à des températures estivales plus élevées et où les huîtres "méditerranéennes" en provenance de stations lagunaires d'Italie ou de Yougoslavie se développent convenablement (1). Nous

---

(1) Ces observations ont été réalisées au cours d'élevages effectués dans le lac de Bizerte (Parcs de l'ONP) par P. LUBET, A. AZOUZ et J.P. GIMAZANE.

...

avons émis l'hypothèse de l'existence, en profondeur, au large des côtes de l'Afrique du Nord, de populations d'Ostrea edulis de"race atlantique", recherchant des zones où les donditions thermiques sont plus stables et sans hautes températures estivales.

B - Crassostrea gigas

Cette espèce ovipare présente un cycle de reproduction homogène, à l'intérieur de son aire de répartition actuelle en Europe. Le cycle sexuel a été étudié par HIS (1976) dans la Baie d'Arcachon. L'examen d'une population élevée dans le Lac de Bizerte (Tunisie) ne nous a pas montré de différences significatives avec les résultats obtenus par HIS.

La gamétogénèse se déroule de mars à fin octobre plusieurs pontes ou spermiations pouvant avoir lieu de juillet à septembre ; il semble toutefois qu'une seule d'entre elles assure l'essentiel du recrutement. La période de repos sexuel caractérisée par un tissu de réserve très abondant et riche en glycogène se situe à la fin de l'automne et en hiver.

Le facteur limitant est ici la température minimale de ponte qui se situe entre 21 et 22 ° C, limite thermique pouvant vraisemblablement fluctuer en fonction de la salinité, ce qu'il conviendrait d'étudier.

En effet, les recherches de MARTEIL (1960) et LE DANTEC (1968) sur C. angulata avaient montré que la cinétique de la gamétogénèse comme la survie des larves étaient favorisés par des abaissements de la salinité (25 0/00) et par les hautes températures, les zones favorables au captage étant situées dans des régions soumises à des dessalures. Par ailleurs, sauf situation exceptionnelles la reproduction de C. angulata n'avait jamais été observée en Méditerranée et en Adriatique où la salinité était trop forte.

Le comportement de C. gigas vis à vis de la salinité semble légèrement différent et si l'on a réalisé de beaux captages dans les zones où l'on le pratiquait traditionnellement pour C. angulata (Charentes, Baie d'Arcachon), elle se reproduit dans de nouvelles zones méditerranéennes : Lac de Bizerte (Tunisie) (1) Adriatique où nous avons constaté l'envahissement des côtes de l'Istrie par l'huître japonaise.

4 - 2 - Recherches expérimentales :

Elles ont déjà été exposées (LUBET, 1980, 1981). L'action de la température, pendant la période de repos sexuel chez Ostrea edulis, révèle un comportement assez voisin de celui de Cerastoderma glaucum, avec l'existence d'une phase réfractaire et d'une phase sensible pendant laquelle une élévation thermique

---

(1) Nous remercions J.P. GIMAZANE de cette information

...

permet la reprise de l'activité génitale. Par contre, les résultats obtenus dans de nombreuses écloseries semblent montrer jusqu'ici qu'il ne semblerait pas exister de période réfractaire chez Crassostrea gigas et qu'elle pourrait être conditionnée toute l'année.

Comme chez Cerastoderma glaucum, une fois que l'activité sexuelle a repris une élévation de température accélère la gamétogénèse chez les deux espèces d'Ostréidés.

LOOSANOFF et DAVIS (1950) montrent, chez Crassostrea gigas, que des températures de 10 ° C sont incapables d'assurer une gamétogénèse normale . A 15 ° C, les huîtres montrent une ovogénèse plus lente que la spermatogénèse ; cette durée étant raccourcie de 15 à 20 jours lorsque les animaux sont élevés à 20 - 25 ° C. Des résultats identiques (LUBET - 1981) ont été obtenus pour Ostrea edulis. La durée du conditionnement - période qui sépare le début de l'expérience de l'émission des larves est raccourcie par rapport à l'évolution dans les conditions naturelles ; elle est d'autant plus brève que la date normale de l'émission des gamètes et des larves est plus proche du début de l'expérience.

Enfin, chez les O. edulis conditionnés à 20 ° C l'asynchronisme entre l'évolution des lignées mâles et femelles diminue.

En Conclusion, nous voyons que le facteur limitant l'expansion géographique de ces deux espèces d'Ostréidés est fonction des conditions thermiques limitant l'émission des gamètes ou des larves.

Toutefois, dans les lagunes méditerranéennes, les conditions estivales, proches du TL 50 peuvent entraîner l'arrêt de la reproduction. Enfin, Crassostrea gigas, moins sensible que C. angulata aux hautes salinités se reproduit actuellement dans certaines zones méditerranéennes.

CONCLUSIONS

Les espèces que nous venons d'étudier, trois cultivées et deux exploitées à partir de gisements naturels ne constituent qu'un petit nombre parmi les Bivalves d'intérêt commercial en Méditerranée. Il conviendrait de développer les recherches dans le cadre de la biologie de la reproduction, de la dynamique des populations et de l'étude écophysiologique de l'action des facteurs externes.

L'étude précédente a porté sur des espèces dont la Méditerranée constitue la limite méridionale de l'aire de répartition. Nous avons mis en évidence, les comportements de reproduction suivants : (Fig. 9)

- Mytilus galloprovincialis présente en Méditerranée un cycle sexuel allant de l'automne au printemps suivant, avec plusieurs pontes pouvant se limiter à une seule émission hivernale dans le secteur le plus méridional de son aire de répartition (Tunisie). La période de repos sexuel, estivale, devient plus importante vers le sud. Dans ce dernier domaine, les fortes températures estivales atteignant le TL 50 (28 - 29 ° C) causent d'importantes mortalités (Lac de Bizerte durant l'été 1983) et limitent l'expansion vers le sud de cette espèce.

- Cerastoderma glaucum et Venerupis decussatus, espèces très abondantes dans les lagunes et les étangs méditerranéens car fortement eurythermes et euryhalines présentent un cycle sexuel inversé par rapport à l'espèce précédente, avec une période de reproduction allant de la fin du printemps à l'automne dans les secteurs septentrionnaux de la Méditerranée mais pouvant s'étaler sur l'ensemble de l'année dans les secteurs limites méridionaux (Tunisie). Dans ces dernières régions, les conditions thermiques estivales proches du TL 50 (de l'ordre de 29 - 30 ° C, certainement plus élevé que pour les moules) arrêtent le cycle sexuel et la reproduction et causent d'importantes mortalités).

- Les Ostréidés ont également un cycle sexuel printannier, estival et automnal qui présente en fait peu de variations temporelles à l'intérieur de l'aire de répartition, si ce n'est un léger étalement dans les régions septentrionales.

Il est vraisemblable qu'Ostrea edulis et Crassostrea gigas sont limitées vers le nord par une plage thermique minimale de ponte, cette plage pouvant varier pour O. edulis en fonction de races "physiologiques" ; elle serait de l'ordre en Méditerranée de 20 ° C pour Ostrea edulis et de 21 - 22 ° C pour Crassostrea gigas. Là aussi, les conditions thermiques estivales régnant dans les étangs et les lagunes limitent l'élevage d'Ostrea edulis ; par contre C. gigas résiste mieux aux hautes températures, son TL 50 étant vraisemblablement égal ou supérieur à 30 ° C (1) (RUDDY et al 1975).

---

(1) Les mortalités constatées dans le Lac de Bizerte durant l'été 1983, la température ayant atteint 29 ° C, ont affecté M. galloprovincialis mais pratiquement pas C. gigas. Nous remercions MM. GIMAZANE et ALOUI de ces renseignements.

Enfin, l'huître japonaise, moins sensible aux fortes salinités que la portugaise (C. angulata) cultivée en Méditerranée avant 1971, a pu se reproduire dans certains secteurs (Adriatique).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDREU, B., 1958 - Sobre el cultivo del mejillon en Galicia ; biologia, crescimento y pro duccion. Inv. Pesq., Vigo, 32 : 44-47.
- BAYNE, B.L., 1976 - Marine mussels, their ecology and physiology. Cambridge Univ. Press.
- BOUCART, C. et LUBET, P., 1963 - Nouvelles observations sur la physiologie sexuelle de Mytilus galloprovincialis. C.R. Soc. Biol. Paris, 157 (11) : 1996-1998.
- BENINGER P., (1981) - Etude Biochimique comparée de deux populations de bivalves, Ruditapes decussatus L. et R. phillipinarum (A & R.). Thèse Doct. Sp. Univ. Brest : 1-192
- BOYDEN, C. R., (1971) - A comparative study of the reproductive cycles of the cockles Cerastoderma edule et C. glaucum. J. Mar. biol. Ass. U.K., 51 (3), 605-622.
- FILIC Z. - 1975 - Quelques résultats expérimentaux sur la technologie de l'Ostréiculture dans l'Adriatique septentrional - Haliotis, 5, 195-205.
- GALLOIS D. - 1973 - Etude de deux Veneridae de l'Etang de Than (V. decussatus et V. aurea) Th. Doct. Sp. Orléans : 1-121
- GABBOTT P. - 1976 - Energy metabolisme in Marine mussels (Edited by B.L. BAYNE Cambridge University Press : 239-358
- GIMAZANE J.P. et LUBET P. E. (1972) - Etude expérimentale de l'action de la nutrition, de la température et de la lumière sur le cycle sexuel de Cardium edule (Mollusque Bivalve). Bull. Soc. Linn. Normandie, 103, 137-146.
- GIMAZANE J.P. et LUBET P. - 1972 - Etude du cycle sexuel de la coque Cerastoderma edule L. C.R. Soc. Biol. Paris : 166 (4-5) : 590-592
- HIS E. - 1976 - Contribution à l'étude biologique de l'huître dans le Bassin d'Arcachon, activité valvaire de Crassostrea angulata et de C. gigas ; application à l'étude de la reproduction de l'huître japonaise. Thèse Doct Sp. Bordeaux : 1-60, 23 pl.
- HRS BRENKO, M., 1972 - Reproductive cycle of the mussel (M. galloprovincialis) in northern Adriatic sea. Thalassia Jugosl., 7 : 1-21.
- IVELL R. - 1979a- The biology and ecology of a brackish lagoon bivalve, Cerastoderma glaucum in Lago Lungo, Italy. J. Moll. Stud., London, 45 (3) 364-382.
- IVELL R. - 1979 b- The biology and ecology of a brackish lagoon bivalve Cerastoderma glaucum, in an English Lagoon, the wuszwater in Sussex. Ibid., 45 (4) 382-400.
- KORRINGA P. - 1956 - Water temperature and breeding throughout the geographical range of Ostrea edulis L. Ann. Biol. Paris, 33, 1-17.
- LE DANTEC J. - 1968 - Ecologie et reproduction de l'huître portugaise Crassostrea angulata Lmk. dans le Bassin d'Arcachon et sur la rive gauche de la Gironde. -Rev. Trav. Inst. Pêches mar. Paris, 32 : 1-126.

...

- LE PENNEC - 1981 - Les méthodes expérimentales induisant la ponte chez les Mollusques marins Haliotis, 11 : 139-155.
- LOOSANOFF V.L. & DAVIS H.C. - 1950 - Conditioning Venus mercenaria for spawning and breeding larvae in the laboratory - Biol. Bull. Mar. Lab. Woods Hole, 98 : 60-65.
- LUBET P. - 1959 - Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilidés et les Pectinidés (Moll. Bivalves). Mem. I.S.T.P.M. Paris, 23(4) : 396-545.
- LUBET P. - 1970 - Cycles et rythmes sexuels chez les Mollusques Pelecypodes. Influence du milieu et étude expérimentale. Ann. Inst. Michel Pacha, 3 : 24-50.
- LUBET P. - 1973 - Synopsis sur la biologie de la moule de Méditerranée M. galloprovincialis Synopsis F.A.O., 88 : 1-45.
- LUBET P. - 1976 - L'espèce chez les Lamellibranches. S.Z.F. : Problèmes de l'espèce dans le règne animal. I : 341-368.
- LUBET P. - 1980 - Influence des facteurs externes sur la reproduction des Lamellibranches. Océanis, 6 (5) : 469-489.
- LUBET P. - 1981 - Action de la température sur le cycle de reproduction des Lamellibranches. Bull. Soc. Zool. France, 106 (3) : 283-292
- LUBET P. 1983 -Experimental studies on the action of temperature on the reproductive activity of the mussel (Mytilus edulis, Moll. Lamell.). J. Malacol. Studies - London (Sous Presses)
- LUBET P., MATHIEU et COLLIN F. - 1978 - Tissu de réserve et cycle sexuel chez les Lamellibranches. Haliotis, 7 : 59-62.
- LUBET P., GIMAZANE J.P. et PRUNUS G. - 1981 - Etude du cycle de reproduction de Mytilus galloprovincialis (Lmk). Haliotis, 11 : 157-170.
- LUBET.P., MASSON.M., PRUNUS.G. et BUCAILLE.D. - 1983 Etude expérimentale de l'hybridation Mytilus edulis, M. galloprovincialis Bull. Soc. Zool. France (Sous Presses).
- MARTEIL L. - 1960 - Ecologie des huîtres du Morbihan Ostrea edulis et Gryphaea angulata Lmk. -Rev. Trav. Inst. Pêches mar. Paris, 24 (3) : 329-446.
- NEWELL R., HILBISH T., KOEHN R., & NEWELL C. - 1982 - Temporal variation in the reproductive cycle of Mytilus edulis L. (Bivalvia - Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. Biol. Bull. 162 : 299 - 310
- ORTON J.H. - 1927 - Observations and experiments on the sex change in the European Oysters. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 14 (4) : 104-107.
- POUVREAU B. - 1977 - L'huître plate, Ostrea edulis L. : maturité sexuelle, élevage larvaire, croissance et mortalité, variabilité génétique. - Thèse doct. 3e cycle, Caen : 115 p., 18 pl.
- RENZONI A. - 1961 - Variazioni istologiche stagionali delle gonadi di Mytilus galloprovincialis in rapporto al ciclo riproduttivo. Riv. Biol. Perugiana, 54 (1) : 45-58
- RUDDY F.M., FENG S.Y. & CAMPBELL G.S., 1975 - The effect of prolonged exposure to elevated temperatures on the biochemical constituents, gonadal development and shell deposition on the American oyster Crassostrea virginica. Comp. Biochem. Physiol. 51 (2B) : 157-164.
- RYGG B. - 1970 - Studies on Cerastoderma edule and C. glaucum Sarsia, 43 : 65-80.

...

- SASKENA S.R. - 1950 - Studies on the sex in <u>Ostrea edulis</u>
Pubb. Stat. Zool. Napoli, 12 : 327-339
- SEED R. - 1971 - A physiological and biochemical approach to the taxonomy of <u>Mytilus edulis</u> L. & <u>Mytilus galloprovincialis</u> Lmk, from S. W. of England. <u>Cah Biol. mar. Roscoff</u>. 12 (3), 291-322.
- SPARCK R. - 1924 - Studies on the biology of the oyster <u>Ostrea edulis</u> in the Limfjord with special references to the influence of the temperature on the sex change. <u>Rep. Dan. Biol. Stat.</u>, 30 : 1-84
- VILELA H. - 1951 - Quelques données sommaires sur l'écologie de <u>Tapes decussatus</u>
<u>Rapp. P.V. Réun. Cons. Perm. int. Explor. Mer</u>. 128 (2) : 60-63
- WILKINS N. & MATHERS N.F. - 1974 - Enzyme polymorphisms in the European oyster, <u>Ostrea edulis</u> L. Anim. Blook. Grps biochem; Genet., 4, 41-47.
- WILKINS N. & MATHERS N.F. - 1974 - Phenotypes of phosphoglucose isomerase in some marine bivalves. Comp. Biochem. Physiol. 48, 599-611.
- ZAOUALI J. - 1974 - Les peuplements malacologiques dans les biocoenoses lagunaires de Tunisie. Etude de la biologie de l'espèce pionnière <u>Cerastoderma glaucum</u>.
<u>Th. Doct. Sc. Nat. CAEN</u> : 1-350.

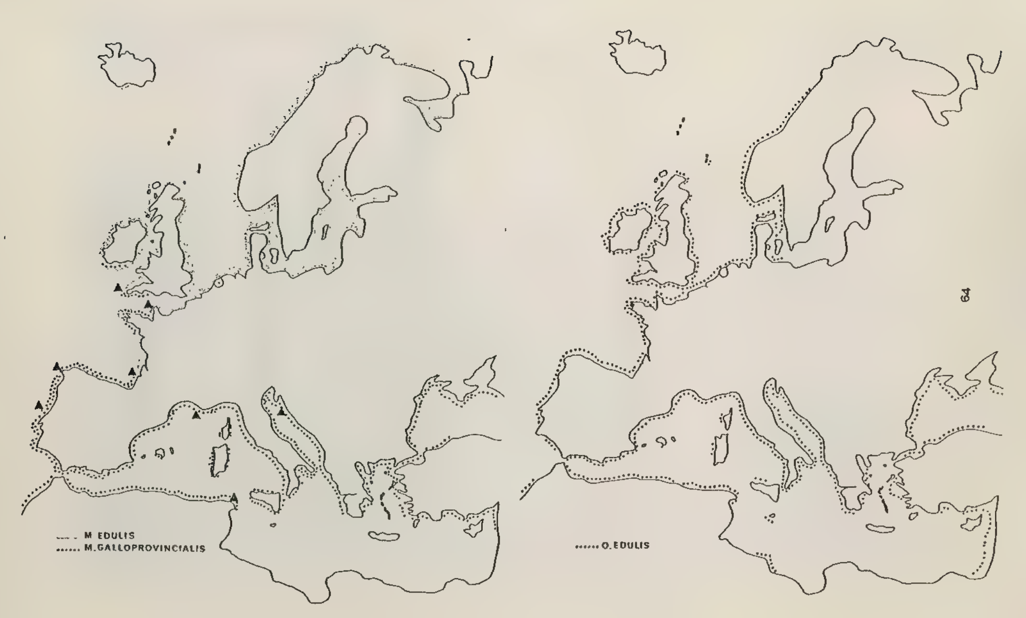


Fig. 1 – Aire de répartition de Mytilus edulis, Mytilus galloprovincialis et Ostrea edulis.

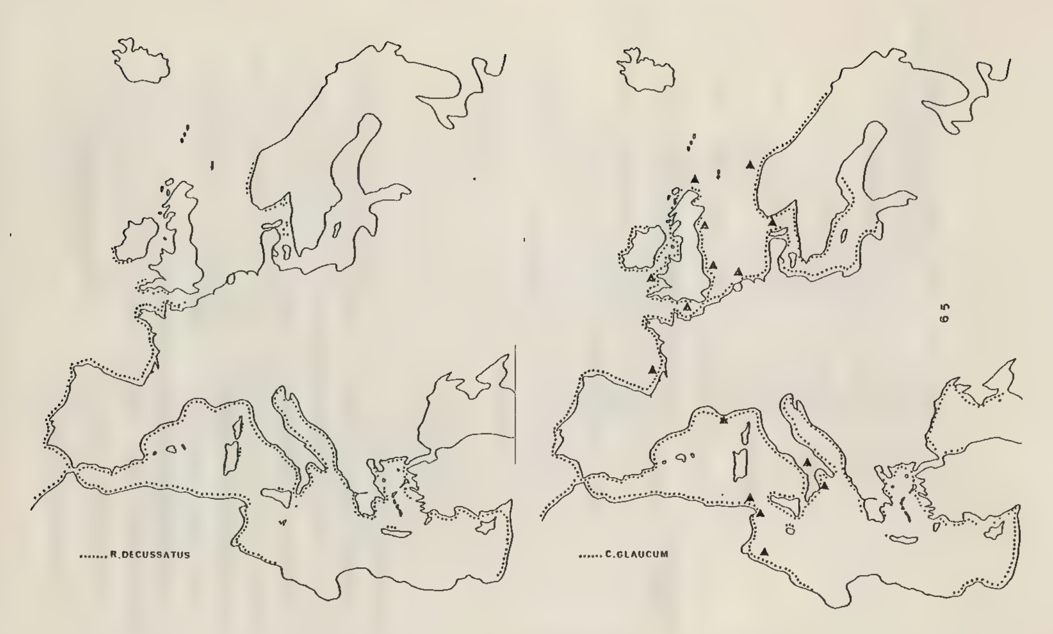
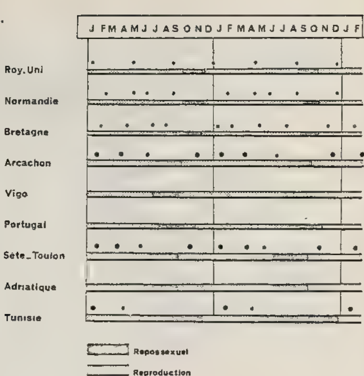


Fig. 2 - Aire de répartition de Ruditapes decussatus et de Cerastoderma glaucum.

Fig. 3 - Cycle de reproduction de Mytilus galloprovincialis.



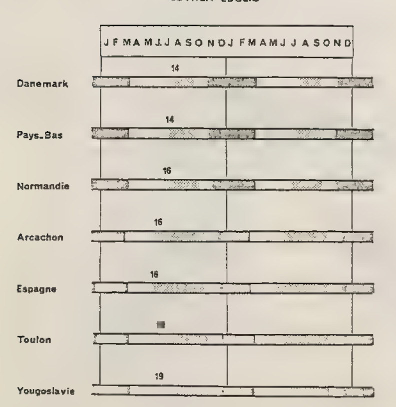


Fig. 4 - Cycle de reproduction d'Ostrea edulis.

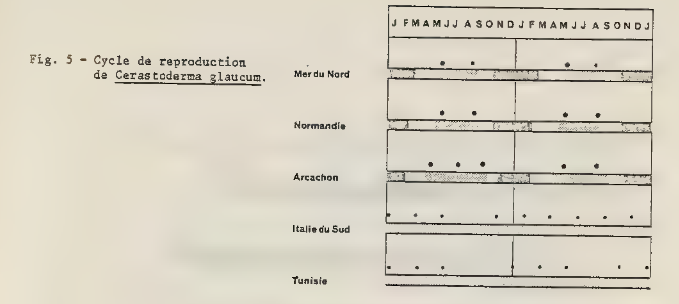


Fig. 5 - Cycle de reproduction de Cerastoderma glaucum.



Fig. 6 - Cycle de reproduction de Venerupis (Ruditapes) decussatus.

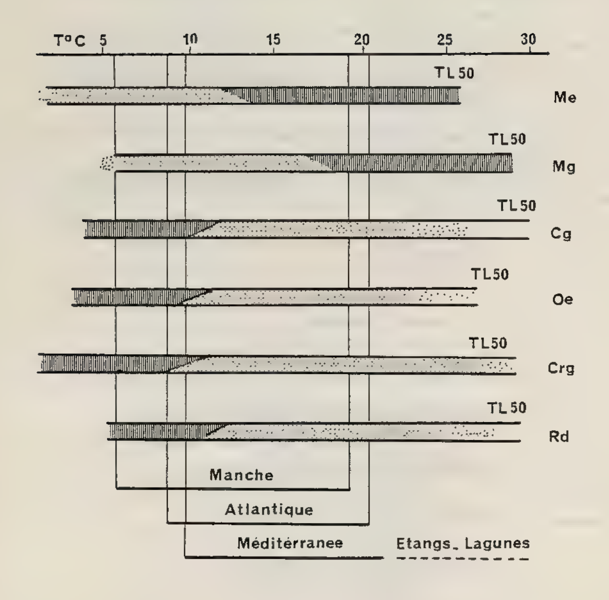


Fig. 7 - Cycles de reproduction et limites létales thermiques (T L 50) de quelques espèces :
(Me : Mytilus edulis, Mg : Mytilus galloprovincialis,
(Cg : Cerastoderma glaucum, Oe : Ostrea edulis,
Crg : Crassostrea gigas, Rd : Rutitapes decussatus,
pointillés : cycle sexuel, hachures verticales : repos sexuel.

THEME II

RELATIONS TROPHIQUES - PARASITOLOGIE

Haliotis, 14, 1984
p. 71 à 78

RELATIONS ENTRE L'EVOLUTION SAISONNIERE DES POPULATIONS DE PALOURDES (*Ruditapes decussatus*) ET CELLE DES MICROPHYTES BENTHIQUES ET PLANCTONIQUES (GOLFE DE FOS, FRANCE)

par

Alain BODOY* et Marie-Reine PLANTE-CUNY

Centre d'Océanologie de Marseille (URA 41) Station Marine d'Endoume, rue Batterie des Lions, F 13007 Marseille

* *Adresse actuelle : King Abdulaziz University Faculty of Marine Science, P.O. Box 1540, Jeddah (Saudi Arabia)*

ABSTRACT : RELATIONSHIPS BETWEEN SEASONAL EVOLUTION OF CLAMS POPULATIONS (*RUDITAPES DECUSSATUS*) AND THAT OF BENTHIC AND PLANCTONIC MICROPHYTES. (GOLFE DE FOS. FRANCE).

The relationship between the primary level and the secondary consumer, the "carpet-shell" *Ruditapes decussatus*, were studied in a coastal area near Marseille (Golfe de Fos) on fine sand bottoms during one year.

Chlorophyllic biomass and primary production were evaluated for phytoplankton and microphytobenthos. For the bivalves, lenght and weight growths as well as changes in biochemical composition of tissues were measured.

Significative correlations were obtained between benthic chlorophyllic biomass, benthic primary production, total primary production on the first hand and lenght increments and carbohydrates content for the carpet-shell, on the other hand.

RESUME :

Une étude des relations entre l'échelon primaire (biomasse chlorophyllienne et production primaire du phytoplancton et du microphytobenthos) et les populations de la palourde *Ruditapes decussatus* (accroissement de taille, accroissement de poids, modifications de la composition biochimique de la chair) a été menée durant les années 1979 et 1980 sur des fonds meubles littoraux de la région de Marseille (sables fins du Golfe de Fos).

Des corrélations significatives ont été obtenues entre la biomasse chlorophyllienne benthique et la production primaire benthique et totale, d'une part, et l'accroissement de taille et les teneurs en glucides des palourdes, d'autre part.

KEY WORDS : trophic relationship - *Ruditapes decussatus* - clam - primary producers.

MOTS CLES : relations trophiques - *Ruditapes decussatus* - palourde - productuers primaires.

INTRODUCTION :

Dans la zone S.W. du Golfe de Fos, protégée par la flèche sableuse du They de la Gracieuse, les Palourdes (*Ruditapes decussatus*) atteignent une taille de 35 mm en trois ans environ.

Cette espèce d'intérêt économique fait l'objet d'une pêche "récréative" assez importante. Aussi nous a-t-il paru intéressant d'étudier les relations éventuelles entre les variations quantitatives de l'échelon primaire et la croissance des palourdes utilisatrices de cet échelon. Certains aspects de l'étude de Maitre-Allain (1982) dans l'étang de Thau rejoignent cette motivation.

L'importance quantitative de l'échelon primaire a été étudiée au niveau benthique et au niveau planctonique par des estimations de biomasse (pigments chlorophylliens) et de production primaire (mg de carbone assimilé par m², par heure).

Les bivalves consommateurs, *Ruditapes decussatus*, ont été étudiés sous l'angle des croissances linéaires et pondérales et des variations de leur composition biochimique élémentaire.

MATERIEL ET METHODES :

Le biotope étudié est un fond de sable fin infralittoral (0,5 m de profondeur environ) situé sur la face N-W du They de la Gracieuse (Golfe de Fos) (figure 1), en mode abrité et semi lagunaire, relativement protégé des vents dominants.

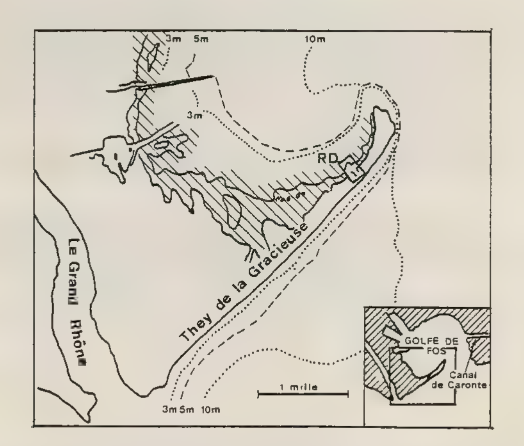


Figure 1. Localisation de la station à *Ruditapes decussatus* (R D)(en hachures, extension des sables à *Ruditapes*). Golfe de Fos, région de Marseille (France).

Le sédiment est un sable fin bien classé dont la médiane oscille, au cours de l'année, autour de 210 µm, et dans lequel il n'y a pas de fraction fine (particules < 43 µm).

Les sédiments de ce type voisinent avec des herbiers de Phanérogames à *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii* situés un peu plus profondément et dont la microflore épiphyte enrichit quelquefois le phytoplancton des eaux avoisinantes.

Le Grand Rhône, et les eaux de la Durance transitant par le canal de Caronte, sont à l'origine des fortes variations de salinité observées au cours de l'année.

La période concernée par notre étude s'étend de juin 1979 à juillet 1980. Les observations étaient effectuées à un rythme mensuel.

Parmi les 34 descripteurs physiques, chimiques et biologiques étudiés, un petit nombre seulement s'est révélé utile à la compréhension des relations entre l'échelon primaire et les consommateurs potentiels que sont les palourdes.

1. Les 10 descripteurs physiques et chimiques mesurés en fonction du temps (jours) sont, dans l'eau, la température, la salinité, le pH, le potentiel d'oxydo-réduction (Eh), la concentration en oxygène dissous (en $ml.l^{-1}$ et % de saturation) mesurée avec un oxymètre Orbisphère à électrode polarographique et agitateur. Sur le premier centimètre de sédiment, on mesure le pH, le potentiel d'oxydo-réduction (Eh), le % d'eau dans le sédiment humide, la granulométrie (médiane et % de fraction fine).

2. L'échelon primaire a fait l'objet de 11 estimations :

2.1. Au niveau pélagique, on a estimé 5 descripteurs, les concentrations en chlorophylle *a* fonctionnelle (ou biomasse chlorophyllienne) et en phéopigments (pigments chlorophylliens dégradés - Lorenzen 1967) rapportées à des volumes d'eau ($\mu g.l^{-1}$ ou $mg.m^{-3}$) ou à des surfaces ($mg.m^{-2}$) sur 0,5 m d'épaisseur moyenne, le rapport DO 430/DO 665 ou "indice de diversité pigmentaire" de Margalef (1960) (donne une idée de l'importance relative des caroténoïdes et de la chlorophylle *c* par rapport à la chlorophylle *a*), le rapport Chla/Chla + Phéopigments (donne une indication sur l'état physiologique des populations de microphytes) et enfin la production primaire planctonique (méthode des bilans d'oxygène *in situ*, bouteilles de 300 ml claires et noires).

2.2. Au niveau benthique, 5 descripteurs également ont été suivis, les concentrations en chlorophylle *a* fonctionnelle (biomasse) et en phéopigments, extraits du premier centimètre de 3 carottes de 2,6 cm de diamètre, par broyage du sédiment humide et extraction à l'acétone (Plante-Cuny 1974), l'indice DO 430/DO 665, le rapport Chla/Chla + Phéo, la production primaire benthique estimée à l'intérieur d'enceintes en plexiglas enfoncées dans le sédiment.

Enfin, la production primaire totale (colonne d'eau + sédiment) par unité de surface a été calculée.

3. L'échelon secondaire, en l'occurrence le peuplement de palourdes, a fait l'objet de 13 estimations quantitatives. Pour ce faire, deux approches différentes ont été utilisées.

3.1. Nous avons suivi l'évolution d'une cohorte annuelle dont la croissance est

déterminée par la méthode de Harding (1949). Pour chaque prélèvement, est choisi un animal représentatif de cette cohorte, animal dont la longueur est celle du moda principal correspondant à la cohorte (Bodoy 1980). Cet animal est appelé animal modal (AM). En plus de la longueur et de l'accroissement journalier de la longueur (ΔL/T AM) ont été calculés, à partir des relations de régression établies mensuellement entre la longueur et les descripteurs pondéraux, le poids total de l'individu modal (coquille + chairs humides + eau intervalvaire), le poids sec sans cendres des tissus organiques, l'accroissement journalier du poids sec sans cendres (ΔP/T AM) . Des analyses biochimiques ont permis d'estimer la teneur en glucides totaux des tissus organiques de l'animal modal (méthode au phénol-sulfurique de Dubois et *al.* 1956), la teneur en lipides totaux (méthode de Blygh et Dyer 1959), la teneur en protéines totales (méthode de Kjeldhal pour l'azote total qui est converti en protéines par un facteur de 6,25).

3.2. L'animal standard (AS) à partir duquel on estimera 7 descripteurs est un animal théorique choisi, en fonction des caractères du peuplement local des palourdes, d'une longueur de valves de 25 mm pour tous les prélèvements. Sur cet animal de 25 mm, on suit les variations saisonnières du poids total de l'individu, du poids sec sans cendres, de la teneur en glucides totaux, en lipides totaux, en protéines. Les relations éventuelles entre les descripteurs de l'échelon primaire et ceux de l'échelon secondaire ont été recherchées par des techniques de corrélations.

RESULTATS :

Nous donnons tout d'abord un bref aperçu des conditions écologiques dans lesquelles évolue ce peuplement à palourdes et des variations saisonnières des descripteurs principaux.

1. Aperçu sur le milieu :

Pour la température, l'amplitude des variations a été de 21°5 C (27° en juin 1979 et 5°5 en janvier 1980) et de 13 ‰ pour la salinité (40 ‰ en juillet 1979 et 27 ‰ en octobre 1979). Quant à la concentration en oxygène, les valeurs les plus élevées ont été observées en hiver. L'eau s'est révélée toujours saturée en oxygène sauf en octobre 1979 et en juin-juillet 1980.

2. Variations saisonnières des descripteurs de l'échelon primaire ayant montré des corrélations significatives avec le peuplement de palourdes.

2.1. La biomasse chlorophyllienne présente, dans le plancton, deux maxima en juin 1979 et juin 1980. Des concentrations importantes en Chl *a* ont été observées dans le sédiment également en juin, mais le maximum a été observé en septembre 1979 avec 76 mg $Chla.m^{-2}$ sur le fond. La comparaison des résultats ramenés à l'unité de surface pour le phytoplancton et pour le phytobenthos montre que la chlorophylle *a* dans le microphytobenthos est 10 à 12 fois plus abondante que dans le plancton.

Notons que, dans ce biotope, les "pics" printaniers (février à avril en général)

sont, dans le plancton comme dans le benthos, de peu d'importance.

Les autres mesures pigmentaires n'ayant pas montré de corrélations significatives avec les descripteurs de l'échelon secondaire ne sont pas analysés ici.

2.2. Les valeurs de production primaire planctonique d'une part, benthiques d'autre part, et totale enfin, sont toutes trois corrélées avec certains paramètres de l'échelon secondaire. La variation de production primaire planctonique entre juin 1979 et juin 1980 a été caractérisée par un "pic" en juillet (de 67 mg $C.m^{-2}.h^{-1}$) et un autre en septembre (76 mg $C.m^{-2}.h^{-1}$).

La production primaire benthique est moins contrastée, mais les moyennes annuelles dans les deux domaines sont équivalentes ($\simeq$ 20 mg $C.m^{-2}.h^{-1}$). Sur le sédiment, le maxima de 54 mg $C.m^{-2}.h^{-1}$ en juin 1979 est suivi des valeurs assez élevées de 40 et 43 mg $C.m^{-2}.h^{-1}$ en septembre et octobre et d'un "pic" secondaire de 31 mg $C.m^{-2}.h^{-1}$ en février 1980.

La production primaire totale fait ressortir un maxima en septembre.

3. Variations saisonnières des descripteurs du peuplement de palourdes corrélés avec l'échelon primaire.

3.1. En ce qui concerne l'animal modal (AM), l'évolution de la longueur de cet animal depuis février 1979 (8,4 mm) jusqu'en juillet 1980 (27,5 mm) se caractérise nettement par un arrêt hivernal de croissance pour une taille de 21,6 mm entre novembre 1979 et février 1980. La vitesse d'accroissement (mm par jour) est particulièrement importante à l'automne, entre les observations de septembre et octobre. Les autres paramètres, $\Delta P/T$, poids sec, glucides, lipides et protéines ne sont pas corrélés avec les descripteurs primaires.

3.2. Dans l'évolution saisonnière du peuplement de palourdes examinée sous l'angle des descripteurs d'un animal standard de 25 mm, seuls les teneurs en glucides, qui constituent la première forme d'accumulation des réserves énergétiques, ont montré une variation saisonnière reliable aux descripteurs primaires. Dans une première approche, on note des "pics" communs en juin et septembre avec les variations de production primaire benthique.

On a pu ensuite par des corrélations croisées (décalage d'un mois dans le temps du descripteur de l'échelon secondaire) mieux percevoir les liens pouvant exister entre une forme de nourriture disponible à l'échelon primaire et l'augmentation des paramètres mesurant les accroissements de taille ou de teneurs en glucides se manifestant environ un mois après.

4. Corrélations significatives entre l'échelon primaire et l'échelon secondaire (tableau 1)

Echelon primaire \ Echelon secondaire	ΔL/T AM	ΔL/T AM (décalage 1 mois)	Teneurs en glucides AS	Teneurs en glucides AS (décalage 1 mois
Chl*a* pK	.052	.376	.264	.264
Chl*a* benthique	.373	$.664^{xx}$	.141	$.629^{xx}$
P.P. pK	$.611^{x}$	$.621^{x}$	.563	.283
P.P. benthique	.549	.524	$.580^{x}$	.462
P.P. totale	$.737^{xx}$	$.699^{x}$	$.716^{xx}$	.014

Tableau 1

Coefficients de corrélation (relation linéaire) entre les paramètres caractérisant l'échelon primaire et l'échelon secondaire, la palourde *Ruditapes decussatus* (biométrie et composition biochimique).

Signification des coefficients de corrélation : $p = 0{,}05^{x}$; $p = 0{,}01^{xx}$

Chl*a* pK = chlorophylle *a* planctonique

P.P. pK = production primaire planctonique.

4.1. L'accroissement journalier de taille de l'animal modal est directement corrélé, sans décalage dans le temps, avec la production primaire totale ($r = 0{,}737^{xx}$, 55 % de la variance étant expliquée) un maximum étant observé en septembre dans les deux cas.

Mais, après décalage d'un mois par corrélation croisée, cet accroissement journalier, également très important en octobre, apparaît maintenant plus nettement corrélé avec la production primaire planctonique ($r = 0{,}621^{x}$, 38,5 % d'explication de variance), hautement corrélé avec la biomasse chlorophyllienne benthique ($r = 0{,}664^{xx}$, soit 44 % de la variance expliquée). Cependant, c'est avec la production primaire totale que la corrélation après décalage est la plus intense ($r = 0{,}699^{x}$, 48,8 % de la variance expliquée).

4.2. En ce qui concerne les teneurs en glucides, pour l'animal standard, on note à nouveau une corrélation très significative avec la production primaire totale ($r = .716^{xx}$; variance 51,3 %) et à un moindre degré, avec la production primaire benthique ($r = .580^{x}$; variance 33,6 %).

Mais, c'est encore le décalage d'un mois qui révèle que le stock de microphytes benthiques présents (biomasse chlorophyllienne benthique) peut servir de fourrage aux palourdes et sont probablement à l'origine de l'augmentation de teneur en glucides constatée un mois plus tard ($.629^{xx}$; variance 39,6 %).

DISCUSSION - CONCLUSION :

Il ressort des résultats présentés dans le tableau 1 que les relations les plus fortes avec les palourdes sont celles qui concernent l'échelon primaire benthique : - biomasse chlorophyllienne benthique (ligne 2) : deux très bonnes corrélations après décalage d'un mois - production primaire benthique (ligne 4) : une bonne corrélation avec les teneurs en glucides.

Alors que, pour le domaine pélagique, seule la production primaire (et non la biomasse) semble jouer un rôle au demeurant assez discret (accroissement de taille seulement). Ceci confirmerait les quelques observations, encore fragmentaires, faites sur des contenus de tractus digestifs (estomacs et intestins) de ces palourdes, observations qui ont révélé la présence de nombreuses diatomées et cyanophycées benthiques dans ces palourdes en septembre 1979 (Plante-Cuny 1981).

On remarque que les relations concernant l'échelon secondaire n'apparaissent que pour la croissance linéaire et les teneurs en glucides. En effet, nous n'avons pas pu mettre en évidence de corrélations significatives entre l'échelon primaire et les descripteurs pondéraux et biochimiques autres que glucides.

Il ne faut pas perdre de vue que le cycle biologique des palourdes est caractérisé, comme pour nombre d'espèces de bivalves, par la perte pondérale importante que représente l'émission de gamètes. Ceux-ci, qui sont très riches en lipides (Wilde et *al.* 1978), peuvent représenter plus de 50 % du poids des chairs. Or la maturité sexuelle est acquise, dans cette région, pour un animal de 25 mm (animal standard de cette étude) (Arnaud et Raimbault 1963).

En milieu eutrophe où le facteur alimentaire n'est pas limitant (Ansell et Bodoy 1980), la reproduction des mollusques ne paraît pas en relation directe avec les fluctuations de l'échelon primaire ; il n'est pas surprenant que nous n'ayons pas trouvé de corrélations significatives entre cet échelon, les paramètres pondéraux et les lipides.

Par contre, la relation trouvée avec les glucides est à souligner car ceux-ci sont susceptibles de constituer, sous forme de glycogène, la première forme des réserves énergétiques dont la transformation biochimique par glycolyse permettra d'alimenter la gamétogenèse (Gabbott 1976). Deslous-Paoli et *al.* (1982) observent également une étroite corrélation entre la biomasse chlorophyllienne phytoplanctonique et les teneurs en glucides de la chair chez les huîtres de claires qui s'alimentent préférentiellement de phytoplancton.

En conclusion, la croissance des palourdes dans la station étudiée est apparue assez bien corrélée avec la production primaire benthique et planctonique, donc avec la production primaire totale, mais surtout avec la biomasse chlorophyllienne benthique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

ANSELL, A.D. et BODOY, A., 1980 - Comparison of Events in the Seasonal cycle for *Donax vittatus* and *D. trunculus* in European Waters. *In* : "Cyclic phenomena in Marine Plants and Animals". Ed. Naylor E. et R.G. Hartnoll. Pergamon Press Oxford N.Y. 1979 : 191-198.

ARNAUD P. et RAIMBAULT R., 1963 - Note préliminaire sur la palourde (*Tapes decussatus* L.)

de l'étang de Thau. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 27 (2) : 195-202.

BLYGH, E.G. and DYER, W.J., 1959 - A rapid method of total lipids extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37 : 911-917.

BODOY, A., 1980 - Croissance et variations de la composition biochimique du bivalve *Spisula subtruncata* (Da Costa) dans le golfe de Marseille. *Tethys*, 9 (4) : 345-354.

DESLOUS-PAOLI, J.M., HERAL, M., ZANETTE, Y., 1982 - Problèmes posés par l'analyse des relations trophiques huîtres-milieu. *Publi.* CNEXO (Actes Colloq.) n° 14 : 335-340.

DUBOIS, M., GILLIES, K.A., HAMILTON, J.K., REEBERS, P.A., SMITH, F., 1956 - Colorimetric method for the determination of sugars and related substance. *Anal. Chem.*, 28 : 350-356.

GABBOTT, P.A., 1976 - Storage cycles in marine Bivalve Molluscs. A hypothesis concerning the relationship between glycogen metabolism and gametogenesis, pp. 191-211, *in* : Barnes H., ed., Ninth European Marine Biology Symposium, Aberdeen University Press : 1-760.

HARDING, J.P., 1949 - The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 28 : 141-153.

LORENZEN, C.J., 1967 - Determination of chlorophyll and Pheo-pigments : Spectrophotometric Equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12 (2) : 343-346.

MAÎTRE-ALLAIN, T., 1982 - Influence du milieu sur la croissance de deux palourdes, *Ruditapes decussatus* et *Ruditapes philippinarum*, dans l'étang de Thau (Hérault). *Vie Marine*, 4 : 37-50.

MARGALEF, R., 1960 - Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplancton sur la productivité, composition taxonomique et propriétés dynamiques des populations. *Rapp. Proc. Verb. C.I.E.S.M.M.*, 15 (1) : 277-281.

PLANTE-CUNY, M.R., 1974 - Evaluation par spectrophotométrie des teneurs en chlorophylle *a* fonctionnelle et en phéopigments des substrats meubles marins. *Doc. Sci. Mission O.R.S.T.O.M. Nosy-Bé*, n° 45 : 1-76.

PLANTE-CUNY, M.R., 1981 - Consommation de diatomées par deux espèces de pélécypodes filtreurs vivant dans les sables fins marins. *Cryptogamie-Algologie*, II, 2 : 147.

WILDE, P.A. W.J. de, BERGHUIS, E.M., 1978 - Laboratory experiments on the spawning of *Macoma balthica* ; its implications for production research, pp. 375-384, *in* : Mc Lusky D.S., Berry A.J., ed., Physiology and behaviour of marine organisms (Proceeding of 12 th European Marine Biology Symposium) Oxford, Pergamon Press : 1-388.

Haliotis, 14, 1984
p. 79 à 90

TRANSFERTS ENERGETIQUES ENTRE L'HUITRE *CRASSOSTREA GIGAS* DE 1 AN ET LA NOURRITURE POTENTIELLE DISPONIBLE DANS L'EAU D'UN BASSIN OSTREICOLE

par

Jean-Marc DESLOUS-PAOLI, Maurice HERAL
Laboratoire Cultures Marines, I.S.T.P.M., 17390 La Tremblade (France)

ABSTRACT : ENERGETIC TRANSFERS BETWEEN THE JUVENIL OYSTERS *CRASSOSTREA GIGAS* AND THE POTENTIAL FOOD OF THE WATER IN A BAY

A parallel study of the available energy in the water and of the energy balance of one year old *Crassostrea gigas* has been made in Marennes-Oleron. Also, from the 32.95 10^6 Kcal/m^2 thatgoes through a waterspout of 0,1 m (5.96 10^6 Kcal/m^2 from phytoplancton, and 64.1 10^2 Kcal/m^2 for the bacteria), an average of 0.19 % is used by the oyster population. 5 343 Kcal of that annual consummate energy (20 383 Kcal) are assimilated, and 15 035 Kcal (73.8 %) are rejected as feces pseudofeces. From the assimilated energy, 4 317 Kcal (80.8 %) was available for the metabolism and 19.2 % for production of tissue (567 Kcal), shell (281 Kcal) and gametes (182 Kcal). However in the winter the production efficiency are negative ant it is considered that the overload in mineral seston (≈ 250 mg.l^{-1}) of the water is the main reason. A comparison with the energetic flow in adult *Crassostrea gigas* is discussed.

RESUME :

L'étude simultanée de l'énergie disponible dans l'eau du bassin ostréicole de Marennes-Oléron et du bilan énergétique d'huître *Crassostrea gigas* de 1 ancultivée à la densité de 200 par m^2, a été effectuée tous les mois. Ainsi des 32,95 10^6 Kcal/m^2 qui passent dans une couche d'eau de 0,1 m de hauteur, dont 5,96 10^6 Kcal/m^2 sont d'origine phytoplanctonique et 64,1 10^2 Kcal/m^2 liés aux bactéries, 0,17 à 0,21 % sont consommés par les huîtres. Cette utilisation est surtout printanière et automnale. De cette énergie consommée annuellement (20 383 Kcal) par la population d'huître, 5 343 Kcal (26,2 %) sont assimilés et 15 035 (73,8 %) sont rejetés sous forme de feces et pseudofeces. 4 317 Kcal, soit 80,8 % de l'énergie assimilée servent à couvrir les besoins du métabolisme et les 19,2 % restant permettent la production de chair (567 Kcal) de coquille (281 Kcal) et gamètes (182 Kcal). Pendant l'hiver, les rendements de production de la population sont négatifs, la cause principale paraît être la trop grande charge en seston minéral de la colonne d'eau (≈ 250 mg.l^{-1}). Une comparaison avec les transferts énergétiques observés chez les adultes de *Crassostrea gigas* (HERAL et al., 1983) est abordée.

Mots clés : transfert énergétique, *Crassostrea gigas* de 1 an, estuaire de Marennes-Oléron.

Key words : energetic flow,one year old, *Crassostrea gigas*, Marennes-Oleron estuary.

INTRODUCTION

L'impact d'une population de filtreurs sessiles, cultivés à de fortes densités dans un écosystème limité, pouvant être évalué par les flux d'énergie qui transitent à travers cette population (SLOBODKIN, 1962), les transferts d'énergie entre des huîtres *Crassostrea gigas* âgées de 2 ans et les différentes formes de nourriture particulaire ont été étudiés, en 1980, dans le bassin de Marennes-Oléron (HERAL et al., 1983).

Or dans ce système estuarien (fig. 1) le cycle d'élevage de *Crassostrea gigas* dure trois ans et le recrutement en juvéniles y est très abondant (BERTHOME et al., 1981). C'est pourquoi il semble nécessaire de préciser la consommation et l'assimilation de la nourriture particulaire par des huîtres *Crassotrea gigas* âgées de 0,5 à 1,5 ans ainsi que les différentes productionsqui en découlent en fonction de l'âge. En effet THOMPSON et BAYNE (1974) montrent expérimentalement que le pourcentage d'assimilation en fonction de la densité cellulaire de la nourriture reste constant quelque soit la taille des individus, mais que les rendements bruts de croissance diminuent avec la taille des animaux alors que la ration de maintenance augmente. Or SHAFEE et LUCAS (1982) montrent que les jeunes *Chlamys varia* utilisent plus de cette énergie assimilée pour la croissance des tissus que ceux des autres groupes d'âges. De même, les *Crassostrea gigas* âgées d'un an présentent une accumulation annuelle de chair sèche plus forte que celle des huîtres de 2 ans (DESLOUS-PAOLI, 1982). Par ailleurs, LUCAS et al. (1978) montrent que l'effort de reproduction augmente avec l'âge chez six bivalves, SHAFEE et LUCAS (1980) le démontrent chez *Chlamys varia* et VAHL (1981) chez *Chlamys islandica*. Il en va de même pour *Crassostrea gigas* (HERAL et DESLOUS-PAOLI, 1983), ainsi que pour de nombreuses espèces de gastéropodes et bivalves (BROWNE et RUSSELL - HUNTER, 1978).



Figure 1 : Carte du bassin de Marennes-Oléron. Position des prélèvements d'huîtres ( ) et des prélèvements d'eau ( ).

MATERIELS ET METHODES

Cette étude porte sur l'année 1979. Les techniques de prélèvement d'eau et les analyses s'y rapportant ont été décrites par HERAL et al. (1983). La formule utilisée pour le calcul de la quantité d'énergie particulaire transitant par jour dans une colonne d'eau de 0,1 m de hauteur de 1 m² de surface est :

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i \cdot C_i}{n} \times \frac{C_c}{C_m} \times T \times \frac{1}{10}$$

avec : X_i : la teneur énergétique par m^3 en Kcal

C_i : le courant mesuré à l'instant du prélèvement en $m.h^{-1}$

n : le nombre de prélèvement

C_c : le courant théorique moyen en $m.h^{-1}$

C_m : le courant mesuré moyen en $m.h^{-1}$

T : le temps d'immersion des huîtres.

Toutes les techniques concernant l'élevage des huîtres *Crassostrea gigas* d'un an et les analyses effectuées ont été décrites par DESLOUS-PAOLI (1982).

La valeur énergétique de la chair sèche est mesurée à 4,83 Kcal/g de chair sèche (HERAL et DESLOUS-PAOLI, 1983). L'estimation de la dépense énergétique due à la respiration est faite en utilisant les résultats de consommation d'oxygène décrits par BOUKABOUS (1983). La quantité de biodépôts émise est estimée à partir de la relation décrite par SORNIN et al. (1983), Biodépôts = 0,125 seston moyen - 0,8 et de valeur énergétique de ces biodépôts définis par HERAL et al. (1983). Le bilan énergétique est calculé pour une densité de 200 huîtres par mètre carré à partir des diverses définitions de LUCAS (1982) : A = P + R = C - (F + U) avec A = assimilation, P = production se décomposant en Pg = production de la matière organique de tissus, Pr = production des gamètes, Ps = production de la matière organique de la coquille; Pe = production des tissus éliminés, R = respiration, F = feces et pseudofeces, U = excrétion azotée, C = nourriture consommée. Les rendements d'assimilation (A/C) et le rendement annuel brut de production (P/C) sont calculés selon la définition de MAC FADYEN (1966). Le rendement net de croissance tissulaire (Pg/A-Pg = Pg/(R + Ps + Pr)) sera calculé selon la définition de LUCAS et SHAFEE (1983).

RESULTATS

1. Temps d'immersion théorique et courant (tableau 1)

Le temps dimmersion calculé à partir des coefficients de marée varie entre 14,3 et 24 heures. Le courant moyen de vives-eaux atteint 0,36 $m.s^{-1}$ alors que celui de mortes-eaux est de 0,29 $m.s^{-1}$, mais ponctuellement les plus forts courants mesurés, de vives-eaux, peuvent atteindre 8 $m.s^{-1}$.

Tableau 1 : Coefficients de marée, temps d'immersion journalier des huîtres et courants moyens mesurés en M/s. ( ) : écart-type.

date	coefficient de marée	temps d'immersion des huîtres (h)	courant moyen mesuré
29.01	110	14,3	0,3 (0,2)
2.02	50	24	0,2 (0,2)
26.02	106	14,9	0,4 (0,3)
8.03	39	24	0,3 (0,2)
23.03	109	14,4	0,3 (0,2)
9.04	60	24	0,7 (1,2)
23.04	70	24	0,3 (0,1)
8.05	56	24	0,2 (0,2)
28.05	86	18,2	0,4 (0,3)
6.06	52	24	0,4 (0,1)
26.06	81	19,7	0,4 (0,4)
4.07	46	24	0,4 (0,1)
24.07	78	19,2	0,3 (0,4)
1.08	47	24	0,8 (1,2)
22.08	77	21,2	0,3 (0,3)
3.09	64	24	0,3 (0,2)
24.09	87	18,5	0,3 (0,4)
1.10	51	24	0,4 (0,2)
22.10	91	16,8	0,8 (0,5)
5.11	106	14,7	0,6 (0,3)
27.11	56	24	0,4 (0,1)
4.12	95	16,1	0,6 (0,4)
11.12	44	24	0,2 (0,2)

2. Colonne d'eau

Température de l'eau

Les températures maximales (tableau 2) sont atteintes à la fin du mois de juillet et les minimales au mois de janvier.

Seston

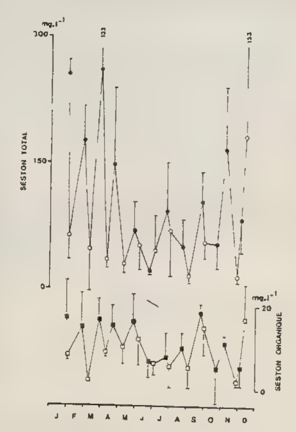
La teneur en seston total (figure 2) peut atteindre plus de 250 $mg.l^{-1}$

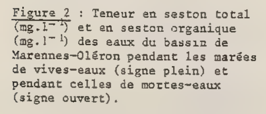
pendant l'hiver dont moins de 10 % est constitué par de la matière organique alors qu'au printemps et durant l'automne ce pourcentage peut atteindre 30 %. La conversion en calorie des différents constituants du seston organique (fig. 3), estimés par le carbone non chlorophylien qui représente la partie détritique, par les chlorophylles et phéopigments estimant la partie phytoplanctonique, par la somme des protéines, lipides et glucides qui représentent la nourriture potentielle pour un mollusque filtreur (WIDDOWS et al., 1979) et pour les bactéries, donne une estimation de l'énergie disponible par m² et par jour dans une colonne d'eau de 0,1 m (tableau 3). Ces estimations mettent en évidence les très fortes teneurs hivernales dues à l'énergie du carbone détritique. Durant le printemps (avril à juin), l'apport énergétique du phytoplancton devient significatif (> 30 % de l'énergie), le phytoplancton vivant représentant à lui seul au mois de mai 17 % de l'énergie. Les bactéries semblent avoir une contribution mineure aux apports énergétiques. L'estimation faite à partir des dosages des protéines, lipides et glucides intègre l'ensemble des variations déjà décrites pour le phytoplancton et le tripton.

Date 1979	29.01	2.02	26.02	8.03	28.03	9.04	23.04	8.05	28.05	6.06	26.06
moyenne T°C	6,7	9,4	6,7	9,3	9,9	11,6	12,6	12,5	14,9	17,0	19,1
écart type T°C	0,4	0,2	0,8	0,5	0,3	0,4	0,2	0,9	0,5	0,5	0,5

4.07	24.07	1.08	22.08	3.09	24.09	1.10	22.10	5.11	27.11	4.12	11.12
18,4	20,0	19,3	19,0	19,3	16,1	17,6	16,2	14,0	9,5	10,2	12,3
0,4	0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2

Tableau 2 : Températures moyennes et écart-types de la colonne d'eau en 1979.

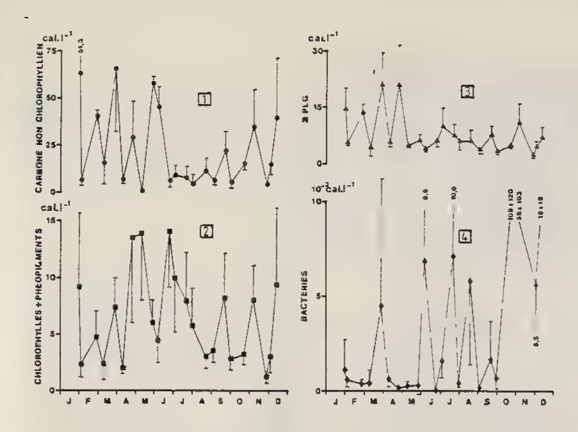



Figure 2 : Teneur en seston total (mg.l⁻¹) et en seston organique (mg.l⁻¹) des eaux du bassin de Marennes-Oléron pendant les marées de vives-eaux (signe plein) et pendant celles de mortes-eaux (signe ouvert).

3. La population d'huîtres

Production P

L'accroissement en tissu, en coquille et l'effort de reproduction d'un individu moyen (figure 4) permettent de calculer les productions journalières individuelles en chair



<u>Figure 3</u> : Valeur énergétique de l'eau estimée par les carbones non chlorophylliens (1), les chlorophylles et phéopigments (2), la somme des protéines, lipides et glucides (3) et pour les bactéries (4). Valeur exprimée en Cal.l^{-1}.

<u>Tableau 3</u> : Bilan énergétique journalier en Cal/jour pour une colonne d'eau de 1 m^2 et 0,1 m de hauteur, estimé par différentes voix.

Dates	Energie totale	Energie prot + lip + gluc.	Energie C phyto exclu	Energie chla + phéo	Energie chlo	Energie bactéries
Février 1979	59 810	22 090	51 084	8 726	3 558	0,7
Mars 1979	118 389	35 330	101 445	16 991	4 864	7,5
Avril 1979	90 650	45 468	64 116	26 541	8 022	0,1
Mai 1979	96 373	13 781	68 752	27 784	16 732	0,5
Juin 1979	97 822	14 315	73 285	24 537	5 350	5,5
Juillet 1979	41 356	20 258	23 139	18 217	1 620	4,4
Août 1979	32 819	17 704	19 017	13 801	2 847	7,0
Septembre 1979	54 007	37 353	37 864	16 143	5 466	1,7
octobre 1979	30 948	9 807	22 404	8 543	3 675	121,2
Novembre 1979	61 464	8 685	24 742	6 510	3 102	9,8
Décembre 1979	141 275	13 219	126 581	14 695	6 060	46,3
Janvier 1980	261 853	91 404	251 380	10 473	2 807	6,6
Février 1980	70 696	31 065	60 741	9 955	3 362	38,9
Bilan annuel	329 x 10^5	106 x 10^5	278 x 10^5	59,6 x 10^5	19,9 x 10^5	0,064 x 10^5

et en coquille (figure 5). Cette production annuelle individuelle est donc pour les tissus (Pg) égale à 2,835 Kcal et pour la coquille (Ps) égale à 1,405 Kcal alors que l'effort de reproduction (Pr) représente 0,908 Kcal. Les productions mensuelles pour la population étudiée (tableau 4) sont maximales au mois de juillet pour Pg et Ps et diminuent au moment de la ponte. Une réaugmentation de la production de coquille Ps apparaît au mois d'octobre alors que l'on obtient des valeurs négatives pour la production de chair. Les faibles valeurs négatives observées pour la production de coquilles sont dues aux modes d'élevage en casier. En effet, les vagues en y roulant les huîtres séparées à cette époque de leur collecteur peuvent entraîner une brisure du liseré de jeune coquille. La production P annuelle totale est de 1 030 Kcal dont 17,7 % sont destinés aux gamètes et respectivement 55 et 27,3 % pour les tissus et la coquille (tableau 4).

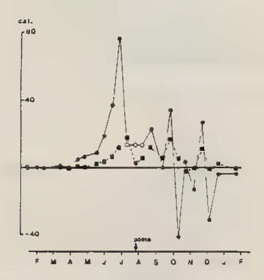


Figure 5 : Variations de la valeur calorique journalière de la chair (●) et de la coquille (■) d'une huître. Les signes ouverts (O) représentent les valeurs de production des tissus, les gamètes étant exclus.

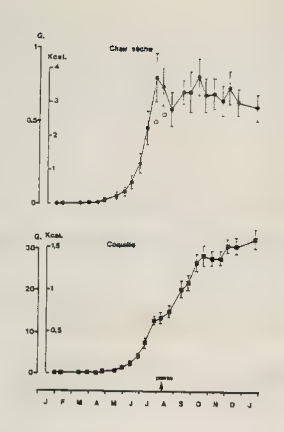


Figure 4 : Variations bi-mensuelle du poids de chair sèche et de sa valeur énergétique (●), et du poids de coquille et de sa valeur énergétique (■) d'une huître de 1 an moyenne. Barre verticale : écart-type. (O) estimation de la croissance en chair, l'effort de reproduction étant soustrait.

Respiration R

La dépense énergétique calculée en utilisant les résultats de BOUKABOUS (1983) (tableau 5) est proche de la réalité car réalisée in situ mais sans doute légèrement surestimée du fait que, dans la lagune de Oualidia (Maroc), les températures sont plus élevées qu'à Marennes-Oléron. La respiration correspond donc à une dépense énergétique annuelle de 4 317 Kcal pour 200 huîtres par m^2.

Tableau 4 : Bilan énergétique journalier d'une population d'huîtres moyennes âgées de 6 à18 mois et cultivées à la densité de 200 individus par mètre carré. Valeurs exprimées en Kcal.

Date	t_2-t_1	Pg	Pr	Ps	R	F1	F2	F3
12.02.79	14	0,07	-	0,04	0,572	2,26	0,01	0,04
28.03.79	44	0,13	-	0,03	0,742	4,45	1,10	0,32
25.04.79	28	0,52	-	0,09	2,845	14,59	1,69	7,55
28.05.79	33	1,51	-	0,31	7,065	7,19	1,18	2,67
26.06.79	29	5,53	-	0,99	15,108	12,95	2,09	6,85
24.07.79	28	8,97	-	2,96	25,106	119,68	34,79	16,31
21.08.79	28	2,73	6,49	0,72	17,441	224,30	116,07	32,53
24.09.79	34	2,81	-	0,98	18,521	135,02	93,54	62,47
22.10.79	28	-0,69	-	2,18	14,249	87,89	22,76	14,51
20.11.79	29	-0,99	-	-0,20	13,909	27,26	6,37	2,09
18.12.79	28	-0,34	-	1,02	15,443	336,06	36,66	57,25
21.01.80	34	-0,79	-	0,52	11,389	569,98	158,99	15,77
20.02.79	8	-0,43	-	-0,07	10,263	898,92	22,63	84,53
Annuel	365	567	182	281	4 317	52 494	15 035	7 287

Date	O_2
29.01.79	0,027
12.02.79	0,031
28.03.79	0,053
25.04.79	0,190
28.05.79	0,377
26.06.79	0,782
24.07.79	1,274
27.08.79	0,806
24.09.79	1,042
22.10.79	0,878
20.11.79	0,847
18.12.79	0,837
21.01.80	0,706
20.02.80	0,664

Tableau 5 : Consommation horaire d'oxygène par *Crassostrea gigas* calculée d'après les résultats de BOUKABOUS (1983) en ml/heure/huître.

Biodépôts F

Estimée par trois voies, carbone non chlorophyllien (F1) somme des protides, lipides et glucides (F2) et chlorophylles plus phéopigments (F3) la valeur énergétique annuelle des biodépôts de la population atteint respectivement pour F1 : 52 494 Kcal, F2 : 15 035 Kcal et F3 : 7 287 Kcal (tableau 4). Nous n'utiliserons pour les calculs ultérieurs que l'estimation obtenue par la somme des protéines, lipides et glucides.

Production (P), assimilation (A) et consommation (C)

L'équation C = P + R + F avec A = P + R permet de déterminer la production totale P, que l'on voit maximale pendant les mois de juin et juillet et négative à l'automne (tableau 6), les assimilations A et les consommations C. A partir de ces résultats il est possible de définir le rendement annuel net de production P/A (tableau 7). Ainsi les *Crassostrea gigas* âgées de 1 an assimilent 26,6 % de l'énergie qu'ils consomment et leur production de tissus gamètes et coquilles correspond à 5,1 % de l'énergie consommée, soit 19,3 % de l'énergie assimilée, le reliquat assurant le métabolisme. Le rendement net de croissance tissulaire met en évidence qu'annuellement 12 % de l'énergie assimilée est fixée dans les tissus, le reste étant dépensé, lors de la secrétion de la coquille, de l'émission des gamètes et pour le métabolisme. Ce rendement de croissance

Date	P	A	C
12.02.79	0,11	0,68	0,78
28.03.79	0,16	0,90	2,00
25.04.79	0,61	3,46	5,15
28.05.79	1,82	8,89	10,07
26.06.79	6,52	21,63	23,72
24.07.79	11,93	37,04	71,83
21.08.79	9,94	27,39	143,46
24.09.79	3,79	22,31	115,85
22.10.79	1,49	15,74	38,50
20.11.79	-1,19	12,72	19,09
18.12.79	0,68	16,12	52,78
21.01.80	-0,27	11,12	170,11
20.02.80	-0,50	9,76	32,39
Annuel	1 030	5 343	20 383

Tableau 6 : Production (P), assimilation (A) et consommation (C) journalière calculées, pour 200 huîtres/m^2, avec la respiration (R) estimée avec les résultats de BOUKABOUS (1983), et la biodéposition (F) estimée par la somme des protéines, lipides et glucides. Valeurs exprimées en Kcal.

tissulaire atteint 34 % pendant le mois de juin mais devient négatif (-2 à -7 %) à partir du mois d'octobre traduisant une certaine "faiblesse physiologique" à cette période.

Date	% P/A	% P/C	% A /C	% $P_g/R+P_r+P_s$
12.02.79	16,2	14,1	87,2	1
28.03.79	17,8	8,0	45,0	17
25.04.79	17,6	11,8	67,2	18
28.05.79	20,5	18,1	88,3	20
26.06.79	30,1	27,5	91,2	34
24.07.79	32,2	16,6	51,6	32
21.08.79	36,3	6,9	19,1	11
24.09.79	17,0	3,3	19,3	14
22.10.79	9,5	3,9	40,9	-4
20.11.79	-9,4	-6,2	66,6	-7
18.12.79	4,2	1,3	30,5	-2
21.01.80	-2,4	-0,2	6,5	-
20.02.80	-5,1	-1,5	30,1	-4
Annuel	19,3	5,1	26,2	12

Tableau 7 : Rendement annuel net (P/A) de production, rendement net de croissance tissulaire (Pg/R + Ps + Pr) et rendement d'assimilation (A/C) journalier d'une population d'huîtres. Valeurs exprimées en Kcal.

Dates	% consommé E-tot	% consommé PLG	% consommé chlo + phéo
Février 1979	0,005	0,003	0,008
Mars 1979	0,004	0,006	0,007
Avril 1979	0,020	0,011	0,041
Mai 1979	0,017	0,073	0,041
Juin 1979	0,035	0,166	0,116
Juillet 1979	0,379	0,354	0,293
Août 1979	0,769	0,810	0,434
Septembre 1979	0,291	0,310	0,525
Octobre 1979	0,335	0,392	0,354
Novembre 1979	0,065	0,220	0,227
Décembre 1979	0,249	0,324	0,499
Janvier 1980	0,222	0,186	0,257
Février 1980	1,285	0,104	0,010

Tableau 8 : Pourcentage d'énergie consommée par une population de 200 huîtres au m^2.

Relation eau surnageante et populations d'huîtres

Annuellement, une population d'huître de 1 an cultivée à la densité de 200/m^2, consomme entre 0,17 et 0,21 % de l'énergie transitant dans une colonne d'eau de 1 m^2 et 0,1 m de hauteur (tableau 8) selon l'estimation utilisée: C'est en août et septembre que l'on constate le maximum d'énergie utilisée. Les taux de filtration (en litre/g de tissu sec et par heure) calculés à partir du volume d'eau apportant l'énergie consommée par la population, correspondent à la quantité d'eau épurée à 100 % par le mollusque (WINTER, 1978) (tableau 9 ; fig. 6).

Dates	Filtration l/jour/m^2 E. tot	Filtration l/jour/m^2 PLG	Filtration l/jour/m^2 chlo + phéo
Février 1979	110,9	79,6	184,6
Mars 1979	102,1	128,2	162,7
Avril 1979	448,7	256,2	940,2
Mai 1979	376,3	1 650,8	939,0
Juin 1979	798,6	3 765	2 637,0
Juillet 1979	8 563,9	7 981	6 586,4
Août 1979	17 357,2	18 392	9 821,3
Septembre 1979	6 582,8	7 021	11 940,8
Octobre 1979	7 564,0	8 953	7 960,5
Novembre 1979	1 469,8	5 024	5 106,8
Décembre 1979	5 625,9	9 100	11 287,7
Janvier 1980	5 009,5	4 200	5 845,6
Février 1980	29 031,3	2 347	21 429,5

Tableau 9 :Taux de filtration calculé par le rapport de l'énergie consommée par la population d'huître sur l'énergie disponible par litre d'eau.

DISCUSSION

La très forte biodéposition constatée tout au long de l'année, et particulièrement durant l'hiver, est à relier aux fortes charges en seston dans les eaux du bassin. Ceci est surtout visible lorsque l'on considère l'énergie totale estimée par le carbone. Cette énergie biodéposée correspond à 73,8 % de l'énergie consommée par les jeunes huîtres, ce qui induit un rendement d'assimilation moyen annuel de 26,2 %. Ce rendement reste très inférieur à ceux décrits par ANSELL et al. (1978) pour *Donax spiculum* (91,9 %) et *D. incarnatus* (87,2 %) par HUGUES (1970) pour *Scrobicularia plana* (60,7 %) et par TREVAILLON (1971) sur *Tellina tenuis*

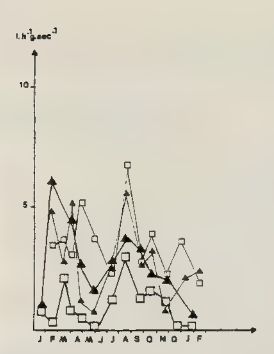


Figure 6 :Taux de filtration en litre/h/g de poids sec calculé pour des huîtres de 2 ans (HERAL et al., 1983) (grand signe) et pour des huîtres de 1 an (petit signe) à partir de l'estimation faite avec l'énergie totale (▲▲) et à partir de la somme des protéines, lipides et glucides (□□).

(75 %). De même, GRIFFITHS (1980) trouve expérimentalement des rendements d'assimilation variant entre 0 et 84 % chez *Choromytilus meridionalis* en fonction de la ration alimentaire proposée. Et, KIØRBOE et al. (1981) dans une expérience sur les effets de la vase en suspension dans l'eau sur le bilan énergétique de *Mytilus edulis* trouvent des rendements d'assimilation variant entre 53 et 77 % sans la vase et entre 90 et "159" % en présence de vase mais à des concentrations inférieures à 25,6 mg.l^{-1}. Comme le signale BERNARD (1974), les quantités importantes de matériel non assimilé donc rejeté soit directement au niveau des palpes labiaux soit non digéré malgré le transit intestinal, suggèrent que *Crassostrea gigas* est soit inéfficace, soit très sélective qualitativement dans sa capacité de digestion. D'autre part, WIDDOWS et al. (1979) signalent que la production des pseudofèces débute, chez les moules (*M. edulis*) de 1 g. de poids de chair sèche, pour des teneurs en seston de l'ordre de 5 mg.l^{-1} et augmente régulièrement avec l'augmentation de la concentration particulaire de l'eau jusqu'à 200 mg.l^{-1}. Or nous avons vu que la charge en seston du bassin est comprise entre 15,5 et 260 mg.l^{-1}, selon la saison, avec des teneurs en matière organique comprises respectivement entre 30 et moins de 10 pour cent. Ces fortes charges sestoniques et leur faible valeur nutritive, les blooms phytoplanctoniques n'apparaissant que durant le printemps, dépassent sans doute dès le mois d'octobre les seuils auxquels se fait sentir un effet négatif sur l'assimilation (KIØRBOE et al., 1980) et sur la production comme le décrit HIGGINS (1980) chez *Crassostrea virginica* et SHAFEE et LUCAS (1982) sur *Chlamys varia*. En effet, les rendements nets et bruts de production et surtout le rendement net de production tissulaire sont négatifs à cette période et jusqu'au mois de mars. Par contre, on ne constate pas, chez ces juvéniles contrairement aux adultes (HERAL et al., 1983) d'effet néfaste au début de l'année, alors que les charges en seston y sont très élevées. En effet THOMPSON et BAYNE (1974) montrent chez *Mytilus edulis* expérimentée à 15°C, la relation inverse existant entre la ration de maintenance et les rendements bruts de croissance en fonction du poids de chair sèche des animaux. Ceci pourrait sans doute expliquer que, durant le premier hiver de leur vie, malgré une nourriture faiblement énergétique et principalement détritique les productions sont positives, et les rendements d'assimilation compris entre 45 et 91 pour cent alors qu'il reste entre 6,6 et 30,5 pour cent l'hiver suivant. Ceci peut être dû à des différences de métabolisme et d'utilisation de la nourriture entre les huîtres de 1 an et les adultes, mais cela peut toutefois être aussi un artefact dû à l'estimation de

la biodéposition des très jeunes huîtres à partir d'une régression établie chez les adultes.

De même, l'estimation de la consommation d'oxygène estimée d'après les résultats de BOUKABOUS (1983) dans le milieu naturel correspond à celle obtenue par COPELLO (1982) et GERDES (1983) expérimentalement. Cette dépense métabolique représente de 110 à 64 pour cent de l'énergie assimilée (moyenne 80,7 %) ce qui correspond aux résultats compilés par ANSELL et al. (1978). C'est au mois de juillet que la dépense énergétique due au métabolisme atteint son maximum, mais, c'est du mois de juin au mois d'août qu'elle est proportionnellement la plus faible par rapport à la production. Si l'on excepte l'effort de reproduction mesuré au mois d'août, les productions de chair et de coquille sont maximales au mois de juillet et chutent au mois d'août alors que ces deux mois sont caractérisés par les plus faibles valeurs énergétiques dues au phytoplancton. De même comme pour les adultes (HERAL et al., 1983, ce n'est qu'à la fin de la gamétogenèse qu'apparaissent non seulement le ralentissement de la production de chair mais aussi celui de la coquille.

Les transferts énergétiques entre l'eau surnageante qui irrigue quotidiennement la population d'huître et cette population concernent 0,2 pour cent de l'énergie disponible (fig. 7). Ils définissent des taux de filtration variant entre 2,3 et 7,0 l/h/g de chair sèche, estimés par la somme des protéines, lipides et glucides. Ces derniers sont légèrement supérieurs à ceux définis chez les adultes (HERAL et al., 1983), comme l'ont constaté WALNE (1972) et KUSUKI (1977) sur *Crassostrea gigas* et, FOSTER-SMITH (1975) et WINTER (1978) sur *Mytilus edulis* ainsi que MOHLENBERG et RIISGARD (1979) sur plusieurs bivalves. D'autres différences apparaissent entre les huîtres de 1 an et les adultes, particulièrement en ce qui concerne les différentes productions. En effet, chez les huîtres de 1 an elles représentent 55 % de la production totale pour la chair, 17,7 % pour les gamètes et 27,3 % pour les coquilles. Chez les adultes (HERAL et al., 1983) elles se répartissent respectivement

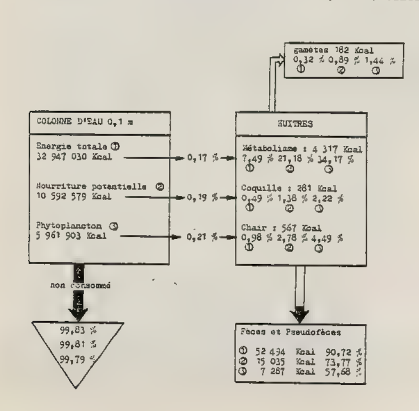


Figure 7 : Flux d'énergie annuel (année 1979) entre une colonne d'eau de 0,1 m transitant à un courant de 0,3 m/s et une population d'huître âgée de 1 an élevée à une densité de 200 individus au m2.
1 : pourcentage par rapport à l'énergie totale.
2 : pourcentage par rapport à l'énergie calculée à partir des dosages de protéines, lipides, glucides.
3 : pourcentage par rapport à l'énergie calculée à partir des dosages de chlorophylles et phéopigments.

en 3,6 %, 78,4 % et 17,8 % pour la chair, les gamètes et la coquille. Ceci met en évidence l'orientation de l'énergie assimilée par les huîtres de 1 an vers la croissance tissulaire lors de leur première année de vie, alors que dès la deuxième année c'est vers la reproduction que s'oriente *Crassostrea gigas*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSELL, A.D., MC LUSKY, D.S., STIRLING, A., TREVALLION, A., 1978 - Production and energy flow in the macrobenthos of two sandy beaches in South West India. *Proc. Royal Soc. Edinburg*, 76 B : 269 - 296.

BERNARD, F.R., 1974 - Annual Biodeposition and gross energy budget of mature pacific oysters, *Crassostrea gigas*. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 31 (2) : 185 - 190.

BERTHOME, J.P., RAZET, D., GARNIER, J., 1981 - Description, évolution et importance des différentes techniques de captage en rivière Seudre (Bassin de Marennes-Oléron) : incidence sur la production d'huîtres creuses *C. gigas*. Note au *CIEM*, C.M. 1981/ K : 30.

BOUKABOUS, R., 1983 - Etude préliminaire des adaptations écophysiologiques de l'huître *Crassostrea gigas* (Thunberg) dans la lagune de Oualidia. Mémoire 3ème cycle Agronomie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (Maroc).

BROWNE, R.A., RUSSELL-HUNTER, W.D., 1978 - Reproductive effort in molluscs. *Oecologia*. 37 : 23 - 27.

COPELLO, M., 1982 - Données écophysiologiques sur un organisme filtreur benthique des étangs littoraux méditérranéens : *Crassostrea gigas*. Rapport de DEA, Université Paris VI.

DESLOUS-PAOLI, J.M., 1982 - Croissance et qualité de l'huître *Crassostrea gigas* Thunberg en élevage dans le bassin de Marennes-Oléron. *Thétys*. 10 (4) : 365 - 371.

FOSTER-SMITH, R.L., 1975 - The effect of concentration of suspension on the filtration rates and pseudofaecal production for *Mytilus edulis* L., *Cerastoderma edule* (L.) and *Venerupis pullastra* (Montager). *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 17 : 1 - 12.

GERDES, D., 1983 - The pacific oyster *Crassostrea gigas*. Part II. Oxygen consumption of larvae and adults. *Aquaculture*, 31 : 221 - 231.

GRIFFITHS, R.J., 1980 - Filtration, respiration and assimilation in the Black mussel *Choromytilus meridionalis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 3 : 63 - 70.

HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., 1983 - Valeur énergétique de la chair de l'huître *Crassostrea gigas* estimée par mesures microcalorimétriques et par dosages biochimiques. *Oceanol. Acta*, 6 (2) : 193 - 199.

HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., SORNIN, J.M., 1983 - Transferts énergétiques entre l'huître *Crassostrea gigas* et la nourriture potentielle disponible dans un bassin ostréicole : premières approches. *Océanis*, 9 (3) : 169 - 194.

HERAL, M., RAZET, D., DESLOUS-PAOLI, J.M., BERTHOME, J.P., GARNIER, J., 1983 - Caractéristiques saisonnières de l'hydrobiologie du complexe estuarien de Marennes-Oléron (France). *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* (sous presse).

HIGGINS, P.J., 1980 - Effects of food availability on the value movements and feeding behavior of juvenil *Crassostrea virginica* (Gmelin) II - feeding rates and behavior. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 46 : 17 - 27.

HUGHES, R.N., 1970 - An energy budget for a tidal flat population of the bivalve *Scrobicularia plana* (Da Costa). *J. anim. Ecol.*, 31 : 357 - 379.

KIØRBOE, T.F., MØHLENBERG, F., NØHR, O., 1980 - Feeding, particle selection and carbon absorption in *Mytilus edulis* in different mixtures of algae and resuspended

bottom material. *Ophelia*, 19 : 193 - 205.

KIØRBOE, T.F., MØHLENBERG, F., NØHR, O., 1981 - Effect of suspended bottom material on growth and energetics in *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* 61 : 283 - 288.

KUSUKY, Y., 1977 - On measurement of the filtration rates of the japanese oyster. *Bull. Jap. Soc. Sc. Fish.*, 43 (9) : 1 069 - 1076.

LUCAS, A., 1982 - Remarques sur les rendements de production chez les bivalves marins. *Haliotis*, 12 : 47 - 60.

LUCAS, A, CALVO, J., TRANCART, M., 1978 - L'effort de reproduction dans la stratégie démographique de six bivalves de l'Atlantique. *Haliotis*, 9 : 107 - 116.

LUCAS, A., SHAFEE, M.S., 1983 - Les calculs du rendement net de croissance : application à une population de *Chlamys varia* (Bivalvia). *Haliotis* (sous presse).

MAC FADYEN, A., 1966 - Les méthodes d'étude de la productivité des invertébrés dans les écosystèmes terrestres. *La Terre et la vie*, 4 : 361 - 392.

MØHLENBERG, F., RIISGARD, H.U., 1979 - Filtration rate, using a new indirect technique in thirteen species of suspension - feeding bivalves. *Mar. Biol.*, 54 : 143 - 148.

SHAFEE, M.S., LUCAS, A., 1980 - Quantitative studies on the reproduction of the black scallop, *Chlamys varia* L. from lanveoc area (Bay of Brest). *J. exp. Mar. Biol. Ecol.*, 42 : 171 - 186.

SHAFEE, M.S., LUCAS, A., 1982 - Variations saisonnières du bilan énergétique chez les individus d'une population de *Chlamys varia* (L.) (Bivalvia, Pectinidae). *Oceanol. Acta*, 5 (3) : 331 - 338.

SLOBODKIN, L.B., 1962 - Energy in animal ecology. *Adv. Ecol. Res.*, 1 : 69 - 101.

SORNIN, J.M., FEUILLET, M., HERAL, M., DESLOUS-PAOLI, J.M., 1983 - Effet des biodépôts de l'huître *Crassostrea gigas* (Thunberg) sur l'accumulation de matières organiques dans les parcs du bassin de Marennes-Oléron. *J. moll. Study.*, 12 (sous presse).

THOMPSON, R.J., BAYNE, B.L., 1974 - Some relationship between growth, metabolism and food in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 27 : 317 - 326.

TREVALLION, A., 1971 - Studies on *Tellina tenuis* da Costa. III. Aspects of general biology and energy flow. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 7 : 95 - 122.

VAHL, O., 1981 - Energy transformation by the Iceland scallop *Chlamys islandica* (O.F. Müller) from 70°N. I. the age specific energy budget and net growth efficiency. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 53 : 281 - 296.

WALNE, P.R., 1972 - The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 52 : 345 - 374.

WIDDOWS, J., FIETH, P., WORRALL, C.M., 1979 - Relation ship between seston, available food and feeding activity on the common mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 50 : 195 - 207.

WINTER, J.E., 1978 - A review on the knowledge of suspension - feeding in Lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture*, 13 : 1 - 33.

HALIOTIS, 14, 1984
p. 91 à 95

SITUATION PATHOLOGIQUE DU STOCK D'HUITRES PLATES EN GALICE (ESPAGNE) EN RELATION AVEC *BONAMIA OSTREAE*

par

POLANCO E., MONTES J., OUTON M.J. et MELENDEZ M.I.

Direccion Conselleria de Pesca
LA CORUNA ESPANA

RESUMEN : SITUACION PATOLOGICA DEL STOCK OSTRICOLA DE GALICIA (ESPANA) EN RELACION A *BONOMIA OSTREAE*.

La poblacion de ostra plana *Ostrea edulis* L. en las rias gallegas es numerosa y de muy diversos origenes. Se importa semilla de Francia, Italia y Grecia, que es colocada en "batea" (cultivo suspendido) para posterior engorde ; asimismo existen ejemplares autonomos y otros cuya semilla procede de ecloseries ubicadas en Galicia.

Entre los meses de septiembre-noviembre de 1982 se llevo a cabo un muestro de todos los stocks con el fin de conocer situacion patologica, prestando especial atencion a *Bonamia ostreae*.

Este trabajo es indicativo del estado patologico de los stocks en las rias gallegas.

RESUME :

La population d'huîtres plates *Ostrea edulis* L. dans les "rias" de Galice est très nombreuse. Il y a du naissain provenant de France, d'Italie et de Grèce, qui est mis dans les "bateas" (culture suspendue) pour les faire grossir. Il y a aussi quelques groupes d'huîtres aborigènes et d'autres qui ont été obtenus dans les écloseries de Galice.

Depuis le mois de septembre jusqu'au mois de novembre 1982, nous avons fait un examen sur tous les stocks pour connaître la situation pathologique, avec une spéciale attention à *Bonamia ostreae*. Ceci est un travail indicatif de l'état pathologique de l'ostréiculture en Galice.

Mots clefs : Pathologie, huîtres, Espagne.

INTRODUCTION :

La province de Galicia, avec ses 1.195 km. de côte, est une zone privilégiée pour le développement de l'aquaculture, à cause de sa topographie, et de la grande richesse de ses estuaires. L'ostréiculture a ici une très haute importance socio-économique, elle est basée sur l'obtention de naissain par captage naturel, ou d'écloseries, et surtout, depuis quelques années, par l'importation de naissain de 18 mois de pays tels que la France, l'Italie, la Grèce, la Yougoslavie, l'Angleterre ou l'Irlande.

La culture est développée de deux façons ; dans la côte nord il y a des parcs classiques où l'ostréiculture est sur-élevée, par contre dans l'ouest, le type de culture est suspendu, pour faire cette culture sont utilisées des engins flottants appelés "bateas" (Polanco, 1982).

Entre le mois de septembre à novembre 1982, nous avons fait un échantillonnage dans les lieux ostréicoles les plus importants pour connaître la situation des stocks en relation avec le parasite *Bonamia ostreae*.

Les résultats de cette étude sont une évaluation du taux de parasitisme existant sur les côtes galiciennes.

MATERIEL ET METHODES

Sur les onze zones, les plus importantes de la côte (fig. 1), nous avons fait une sélection d'un total de dix huit lots d'échantillonnages, selon la densité des populations ou les différentes origines des huîtres. Nous avons pris les données biométriques afin de voir s'il y avait une corrélation entre ces paramètres et le parasitisme.

L'examen pathologique, fait à partir des morceaux de tissu de la glande digestive, et des branchies, a été réalisé par la classique, fixation au liquide de Bouin, avec variations du temps de fixation (Montes, Polanco et Melendez, 1983) inclusion dans la cytoparaffine et coupes à 7 microns colorées selon la technique de Prenant (variante de Gabe).

RESULTATS ET CONCLUSION

Les résultats de ce travail (fig. 2) nous montrent trois aspects différents. Nous ne pouvons pas trouver un rapport entre la taille, ou l'âge des huîtres, et le pourcentage de parasitisme (Tige, Grizel, Rabouin, Cochonnec, Audic et Langlade, 1982) car les tailles de tous les exemplaires sont similaires de même que l'âge, à l'exception du lot 3 qui est constitué par des huîtres de plus de dix ans.

En ce qui concerne les lieux d'origine, on observe que les huîtres provenant de la Méditerranée (Etang de Thau, Grèce et Italie) sont moins parasitées, et sur le type de culture il y a une évidente différence entre le parasitisme en culture surélevée et celui des cultures suspendues (fig. 3).

En résumé, il apparait que 72 % des zones étudiées sont infectées par *Bonamia ostreae*, cette infection a un maximum de .8 % dans la culture surélevée, et 9 % dans la culture suspendue. Il convient donc de prêter attention à l'influence du milieu et du type de culture.

BIBLIOGRAPHIE

MONTES J., POLANCO E. et MELENDEZ M.I. , 1983.- Tecnicas de diagnostico en patologia de Moluscos. *Actas del primer Seminario de Ciencias del Mar : Rias gallegas*. en prensa.

POLANCO E. 1982.- Cultivo de Moluscos. *Bol. inf. agraria* n° 86

TIGE G., GRIZEL H., RABOUIN M.A., COCHONNEC N, AUDIC G. et LANGLADE A, 1982.- Maladie hemogtaire de l'huître place causée par *Bonamia ostreae*. Evolution de la situation epizootiologique en Bretagne au cours de l'année 1981. *Se. et Pêche* n° 328.

Fig. 1: Situation des zones examines

MAR CANTABRICO

ORTIGUEIRA

SADA

RIBADEO

CAMARIÑAS

FREIXO

OCEANO ATLANTICO

G A L I C I A

CAMBADOS

GROVE

NOAIA

ALDAN

ISLAS CIES

DOMAYO



LOTS	LIEUX DE PRELEVEMENTS	ORIGINE DES HUITRES	TYPE DE CULTURE	POIDS MOYENNE gr.			TAILLE mm			% D'HUITRES PARASITES
				P_t	P_c	P_v	H	L	e	
1	FREIXO	ECOSERIE DE LA GALICIA	SUSPENDU IN PANIERS	22,5	15,3	7,2	62	59	14	9
2	ALDAN	ETANG DE THAU (France)	SUSPENDU IN PANIERS	53	38	14	74	73	23	5
3	ISLAS CIES	SAUVAGE	SUR - FOND	290	230	50	108	94	40	0
4	DOMAYO	GRECE	SUSPENDU IN PANIERS	35	24	10	64	56	18	2
5	DOMAYO	ITALIE	SUSPENDU IN PANIERS	34	24	9	67	47	18	0
6	CAMARIÑAS	ECLOSERIE DE LA Galicia	SUSPENDU IN PANIERS	93	71	20	82	82	21	6
7	CAMBADOS	GRECE	SUSPENDU IN CORDE	55	40	14	61	63	23	6
8	CAMBADOS	ITALIE	SUSPENDU IN CORDE	38	25	12	61	56	20	4
9	CAMBADOS	GRECE	SUSPENDU IN CORDE	47	33	12	64	60	21	3
10	NOALLA	ITALIE	SUSPENDU IN CORDE	54	39	14	67	64	23	9
11	SADA	ARCACHON (France)	SUSPENDU IN PANIERS	42	29	12	72	57	17	0
12	GROVE	ECLOSERIE DE LA GALICIA	SUSPENDU IN PANIERS	29	21	7	64	51	10	0
13	ORTIGUEIRA	ANGLETERRE	SUR - ELEVE	69	54	14	71	66	25	15
14	RIBADEO	ANGLETERRE	SUR - ELEVE	61	48	13	70	68	24	18
15	ORTIGUEIRA	ORTIGUEIRA (CAPTAGE NATUREL)	SUR - ELEVE	24	17	7	61	57	13	15
16	ORTIGUEIRA	ORTIGUEIRA (CAPTAGE NATUREL)	SUR - ELEVE	49	38	10	67	59	20	12
17	RIBADEO	ORTIGUEIRA (CAPTAGE NATUREL)	SUR - ELEVE	23	16	7	61	52	15	6
18	RIBADEO	ECLOSERIE DE GALICE	SUR - ELEVE	28	18	9	65	57	15	9

Fig. 2 : Tableau des résultats

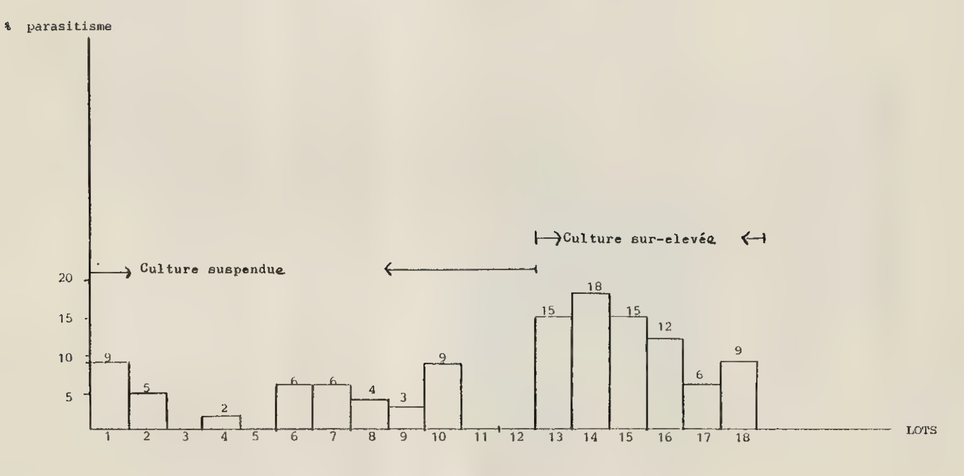


Fig. 3: Pourcentage du parasitisme dans les lots etudiés.

HALIOTIS, 14, 1984
p. 98 à 107

DISTOMATOSES DES LAMELLIBRANCHES MARINS SUR LE LITTORAL MEDITERRANEEN FRANCAIS

par
Pierre BARTOLI

Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme
Laboratoire de Zoologie Marine
Rue Henri Poincaré - 13397 Marseille Cedex 13

RESUME :

Les Lamellibranches marins jouent un rôle important dans le cycle biologique de plusieurs espèces de Trématodes. Ils peuvent remplir les fonctions soit de premier hôte intermédiaire, soit de deuxièmes hôtes et même, dans certains cas, les deux à la fois. Les distomatoses entraînent presque toujours la mort des Lamellibranches lorsque ceux-ci jouent le rôle de premier hôte. Chez les Lamellibranches deuxièmes hôtes, les effets de la parasitose sont difficiles à apprécier lorsque les effectifs parasitaires sont peu importants. Par contre, lorsque la densité du parasitisme est élevée, des désordres apparaissent, liés à une vive réaction de l'hôte face à l'agression.

Dans la nature, les distomatoses sont presque toujours des maladies endémiques ; elles attestent de l'équilibre d'un endémiotope. Les différents hôtes intervenant dans le cycle biologique de ces Helminthes comme d'ailleurs le milieu physique dans lequel s'effectuent les transmissions, sont parfaitement équilibrés. Par contre, dans certaines conditions d'exiguïté ou de confinement, qu'il s'agisse de stations naturelles ou artificielles, une distorsion peut apparaître, provoquant un spectaculaire accroissement de la densité du parasitisme. Celui-ci devient alors traumatisant et finit par porter préjudice aux espèces impliquées dans le cycle de vie du Digène. La conchyliculture en milieu naturel confiné peut donc être confrontée à de réels dangers de nature parasitaire.

RESUMEN : DISTOMATOSIS DE LOS MOLUSCOS LAMELIBRANQUIOS EN EL LITORAL MEDITERRANEO FRANCES.

Los Lamelibranquios marinos desempeñan un papel importante en el ciclo biologico de muchas especies de Trematodos. Pueden cumplir las funciones sea de primer huesped intermediario, sea de secundo huésped y mismo, en algunos casos, ambos al mismo tiempo. Las distomatosis de los Lamelibranquíos primeros huéspedes acarreán irremediablemente su muerte ; las de los secundos huéspedes tienen efectos dificiles de apreciar cuando los efectivos parasitarios son poco importantes. Si embargo, cuando la densidad del parasitismo es elevada, aparecén desordenes, debidos a una reaccion viva del huésped frente a la agresión.

En la naturaleza, las Distomatosis son casi siempre enfermedades endémicas que atestan del equilibrio de un endemiotopo. Los diferentes huespedes que intervienen en el ciclo biologico de estos Helmintos, como por otra parte el medio fisico en cúal se efectuyen los transmisiones, son perfectamente equilibrados. En cambio, en ciertas condiciones de exiguïdad o de confinamiento que se trate de estaciones naturales o artificiales, une distorsión puede aparecer provocando entonces el embalaje del ciclo biologico. El parasitismo se vuelve asi traumatisante y termina por ser prejudicial a las especies implicadas en el ciclo de vida del Digeno.

La conquilicultura en medio natural confinado puede confrontarse entonces con reales peligros de carácter parasitario.

Les distomatoses sont des maladies parasitaires engendrées par des Trématodes digénétiques. Dans le milieu marin, ces helminthiases affectent la plupart des organismes ; les Lamellibranches n'échappent pas à cette règle. Etant donné l'essor que connaît ces dernières années l'aquaculture, et la conchyliculture en particulier, il ne faut pas méconnaître la réalité des dangers liés au parasitisme par les Trématodes.

I - PLACE DES LAMELLIBRANCHES DANS LE CYCLE BIOLOGIQUE DES TREMATODES

Les Trématodes sont des parasites hétéroxènes. Leur cycle biologique comporte dans la plupart des cas, trois hôtes (fig. 1) :

- un hôte Vertébré ou hôte définitif ; il est parasité par le Distome adulte.
- un premier hôte intermédiaire ; c'est généralement un Mollusque.
- un deuxième hôte intermédiaire qui, selon le Digène envisagé peut être un Vertébré ou un Invertébré.

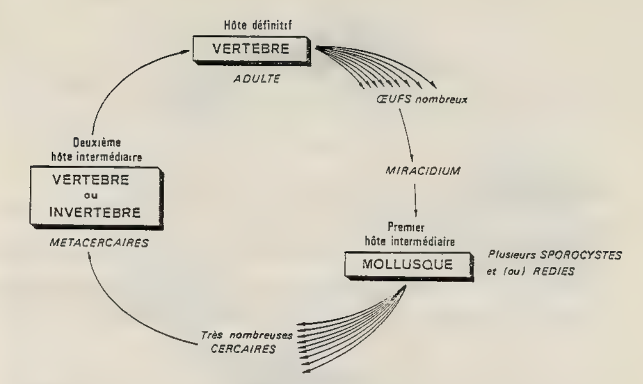
Le ver adulte pond des oeufs qui sont éliminés dans le milieu extérieur. De chaque oeuf est issu une larve ciliée ou miracidium, qui pénètre dans le premier hôte intermédiaire. Celui-ci est spécifique d'un Digène donné. Là le miracidium se transforme en sporocystes ou rédies à l'intérieur desquels est engendrée une multitude de larves, chacune pourvue d'une queue, les cercaires. Celles-ci quittent le premier hôte, gagnent le milieu extérieur et partent à la recherche d'un nouvel hôte. Parvenues chez ce dernier, les cercaires se transforment en métacercaires. Lorsque l'hôte définitif consomme l'organisme parasité par les métacercaires, celles-ci se transforment en vers adultes.

Dans ce cycle biologique, les Lamellibranches peuvent se situer au niveau soit du premier hôte, soit du second. Trois cas peuvent alors se présenter (fig. 2) :

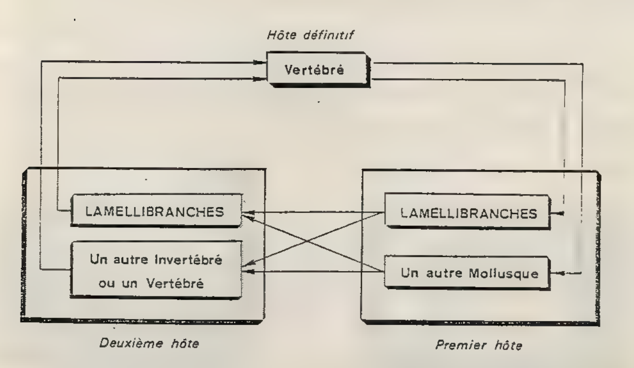
- les Lamellibranches remplissent exclusivement le rôle de premier hôte intermédiaire ;
- ils jouent seulement celui de deuxième hôte ;
- ils sont impliqués à la fois dans les rôles de premier et de deuxième hôtes intermédiaires.

1.- Les Lamellibranches premiers hôtes intermédiaires

Entraîné dans la cavité palléale du Pélécypode avec le courant inhalant, le miracidium pénètre dans les palpes labiaux. Parfois, c'est l'oeuf lui-même qui est avalé et le miracidium éclôt alors dans le tube digestif de son hôte; il traverse ensuite la muqueuse intestinale pour gagner divers organes. Le miracidium se transforme rapidement en un sac, le sporocyste primaire et celui-ci ne tarde pas à donner naissance à un nombre plus ou moins grand de sporocystes secondaires ou de rédies qui envahissent la gonade. Parfois, le nombre de sporocystes est tellement élevé que l'infestation déborde le site primitif pour gagner la glande digestive. Chez les *Gymnophallidae* Morozov, 1955, les sporocystes sont même fréquemment trouvés aussi dans le manteau, à la base du pied, dans les branchies et dans les palpes labiaux (Bartoli, 1974). Quelques mois plus tard, toutes les cercaires engendrées dans les sporocystes ou les rédies quittent l'hôte, le plus souvent par effraction de la paroi du corps.

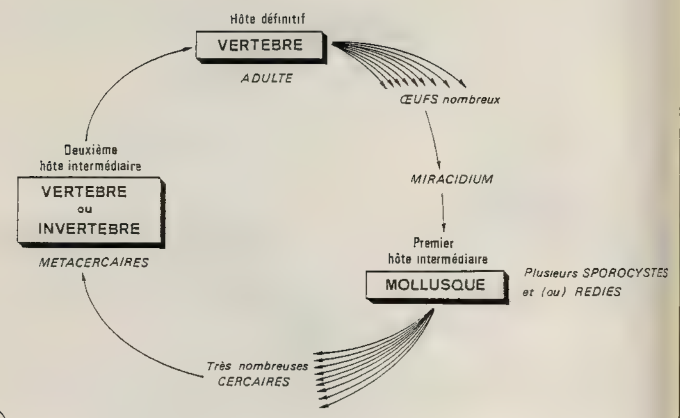


Cycle biologique des Trématodes Digénétiques.

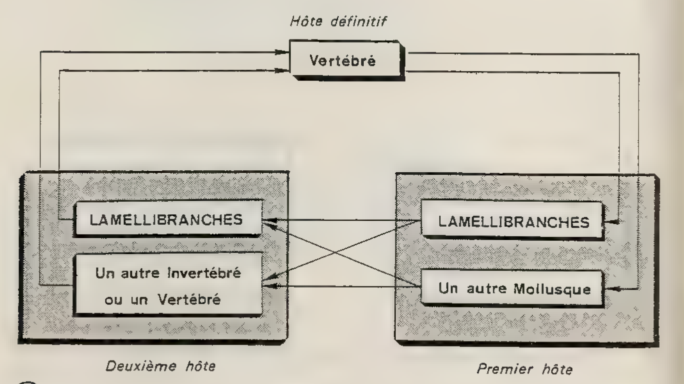


Rôle des Lamellibranches dans le cycle biologique des Trématodes.





(1) Cycle biologique des Trématodes Digénétiques.



(2) Rôle des Lamellibranches dans le cycle biologique des Trématodes.

Si la plupart des Trématodes parasitent des Prosobranches, seulement un petit nombre de familles sont inféodées aux Lamellibranches.

En Méditerranée ce sont (tableau 1) :

- parmi les parasites de Poissons :

les *Bucephalidae* Poche, 1907 avec les genres *Bucephalus* Baer, 1826 et *Labratrema* Maillard, 1975.

les *Monorchiidae* Odhner, 1911 avec les genres *Monorchis* Looss, 1902 et *Paratimonia* Prévot et Bartoli, 1967.

les *Fellodistomidae* Nicoll, 1909 avec les genres *Bacciger* Nicoll, 1914 et *Proctoeces* Odhner, 1911.

- parmi les parasites d'Oiseaux, ce sont les *Gymnophallidae* Morozov, 1955 avec les genres *Gymnophallus* Odhner, 1900 et *Meiogymnophallus* Ching, 1965.

Dans l'immense majorité des cas, un Digène donné parasite une espèce précise de Lamellibranches (spécificité oioxénique).

2.- Les Lamellibranches deuxièmes hôtes intermédiaires (tableau 2)

Les Lamellibranches jouant le rôle de deuxièmes hôtes intermédiaires sont parasités par des métacercaires. Il s'agit là d'un stade d'attente et généralement aussi d'accroissement.

Habituellement, les métacercaires sont enkystées dans leur hôte. Autour de l'autokyste s'édifie souvent une capsule réactionnelle engendrée par l'hôte parasité. Ces métacercaires ne se distribuent pas au hasard mais dans des habitats bien délimités qui peuvent être :

- l'extrémité du siphon inhalant de *Abra ovata* parasité par *Paratimonia gobii* (*in* C. Maillard, 1976).

- la musculature, que ce soit celle du pied, des siphons, de la bordure palléale ou de la paroi du corps, chez plusieurs Lamellibranches parasités par *Lasiotocus longicystis* Bartoli, 1965 (*in* Bartoli, 1965) et par *Holorchis pycnoporus* Stossich, 1901 (*in* Bartoli et Prévot, 1978).

- le pied de *Scrobicularia plana* et de divers autres Bivalves parasités par *Himasthla quissetensis* Miller et Northup, 1926 (*in* Prévot, 1974).

- la glande digestive de *Cerastoderma glaucum* parasité par divers *Echinostomatidae* Poche, 1926.

Plus rarement, les métacercaires mènent une existence libre. On les trouve alors :

- dans les palpes labiaux et accessoirement dans les branchies de *Acanthocardia tuberculata* et de divers autres Bivalves parasités par *Lepocreadium pegorchis* (Stossich, 1900) (*in* Bartoli, 1967 et 1983).

- le long du rachis branchial de *Mytilus galloprovincialis* parasité par *Parvatrema duboisi* (Dollfus, 1923) (*in* Bartoli, 1965 et 1974).

- dans le pied de *Mytilus galloprovincialis* parasité par *Proctoeces maculatus* (Looss, 1901) (*in* Prévot, 1965)

- entre le manteau et la coquille de divers Bivalves parasités par

Lamellibranches premiers hôtes intermédiaires.	Trematodes		Hôtes définitifs	Références bibliographiques
	Espèces	Familles		
Mytilus galloprovincialis	*Proctoeces maculatus*	*Fellodistomatidae*	Poissons Labridés	G. Prévot, 1965 J.C. Martinez, 1972
Cerastoderma glaucum	*Labratrema minimus* *Monorchis monorchis* *Gymnophallus choledochus*	*Bucephalidae* *Monorchiidae* *Gymnophallidae*	Poissons *Dicentrarchus labrax* Poissons Sparidés Oiseaux. Laro-limicoles	C. Maillard, 1975a et 1976 Observations personnelles P. Bartoli, 1974
Venerupis aurea	*Bucephalus baeri*	*Bucephalidae*	Poissons. *Dicentrarchus labrax*	C. Maillard, 1976
Venus fasciata	*Cercaria longicaudata*	*Monorchiidae*	Poissons	P. Bartoli, 1966 b
Scrobicularia plana	*Gymnophallus fossarum*	*Gymnophallidae*	Oiseaux *Haematopus ostralegus*	P. Bartoli, 1972 et 1974
Abra ovata	*Paratimonia gobii* *Cercaria plumosa* *Gymnophallus nereicola* *Gymnophallus rebecqui*	*Monorchiidae* *Fellodistomatidae* *Gymnophallidae* *Gymnophallidae*	Poissons *Pomatoschistus microps* Poissons Oiseaux Laro-limicoles Oiseaux Anatidés	C. Maillard, 1975 b et 1976 C. Bayssade et C.Maillard, 1975 P. Bartoli, 1972 et 1974 P. Bartoli, 1974
Loripes lacteus	*Gymnophallus rostratus*	*Gymnophallidae*	Oiseaux. Anatidés	P. Bartoli, 1974 et 1982
Tellina tenuis	*Meiogymnophallus strigatus*	*Gymnophallidae*	Oiseaux. Anatidés	P. Bartoli, 1974 et 1983 c

Tableau 1.- Les Lamellibranches marins premiers hôtes intermédiaires de Trématodes sur le littoral méditerranéen français.

Gymnophallus fossarum Bartoli, 1966 (*in* Bartoli, 1973 a, b et 1976), par *Gymnophallus rebecqui* Bartoli, 1983 (*in* Bartoli, 1983 b), par *Meiogymnophallus strigatus* Lebour, 1908 (*in* Bartoli, 1983 c) et par *Gymnophallus rostratus* Bartoli, 1982 (*in* Bartoli, 1982).

3.- Les Lamellibranches premiers et deuxièmes hôtes intermédiaires

C'est cette catégorie de Lamellibranches qui paie le plus lourd tribu au parasitisme. Sur les côtes françaises de la Méditerranée, seulement deux familles de Digènes, les *Gymnophallidae* et les *Monorchiidae* ont tous leurs stades larvaires parasites de Pélécypodes. Trois cas peuvent se présenter :

- Le premier et les deuxièmes hôtes intermédiaires sont représentés par des Lamellibranches différents ; c'est le cas habituel. Exemples : *Gymnophallus fossarum*, *Meiogymnophallus strigatus*.

- Plus rarement un deuxième hôte intermédiaire peut être de la même espèce que le premier hôte. Exemple *Gymnophallus rostratus*. Dans le cas de cet Helminthe, il ne peut y avoir d'autoinfestation. Le *Loripes lacteus* représentant le premier hôte intermédiaire, ne peut être contaminé par les cercaires qu'il émet. Mais ces cercaires peuvent pénétrer et évoluer en métacercaires dans d'autres *Loripes lacteus* du biotope.

- Le troisième cas est exceptionnel : un premier hôte intermédiaire peut se contaminer par ses propres cercaires. Dans ces conditions, les premier et deuxième hôtes intermédiaires sont confondus. Exemple : *Paratimonia gobii*. Ici, et contrairement au cycle de *Gymnophallus rostratus*, les cercaires essaimées par un *Abra ovata* sont aspirées à nouveau dans la cavité palléale de ce même individu premier hôte ; elles rampent ensuite jusqu'au bout du siphon inhalant où elles s'enkystent. Quelque temps plus tard, l'extrémité siphonale s'autotomise et c'est ce fragment qui sera avalé par le Poisson hôte définitif, *Pomatoschistus microps* (*in* Maillard 1976).

II - EFFETS DES DISTOMATOSES SUR LES LAMELLIBRANCHES

Le parasitisme a des effets tout à fait différents sur un Lamellibranche suivant que celui-ci constitue un premier ou un deuxième hôte intermédiaire.

1.- Le Lamellibranche est un premier hôte intermédiaire

Lorsqu'un miracidium pénètre dans un Lamellibranche premier hôte, il s'y transforme en sporocystes et chacun d'eux donne naissance à un grand nombre de cercaires.

Des dénombrements effectués chez *Scrobicularia plana* parasité par *Gymnophallus fossarum* révèlent la présence de plus de 70.000 sporocystes, chacun d'eux atteignant une longueur de 800 µm ! Tous ces sporocystes engendrent plus de 5 millions de cercaires ! (Bartoli, 1981).

L'élaboration d'une quantité aussi prodigieuse de stades larvaires se fait évidemment au détriment de l'hôte parasité. Le parasite détourne à son profit les activités métaboliques du Lamellibranche ; il s'installe dans la gonade c'est-à-dire là où la source énergétique est la plus abondante. Il en résulte invariablement chez le Bivalve, non seulement une castration mais aussi une totale destruction de la gonade. Aussi le parasite envahit-il les organes voisins, la glande digestive en particulier.

Digènes	*Proctoeces maculatus*	*Lasiotocus longicystis*	*Paratimonia gobii*	*Lepocreadium pegorchis*	*Holorchis pycnoporus*	*Himasthla militaris*	*Parvatrema duboisi*	*Gymnophallus fossarum*	*Gymnophallus rebecqui*	*Meiogymnophallus strigatus*	*Gymnophallus rostratus*
Digènes adultes parasites de :	P o i s s o n s					O i s e a u x					
Mytilus galloprovincialis	+		+				+				
Brachydontes minimus							+				
Cerastoderma glaucum			+	+	+	+		+	+		
Parvicardium exiguum			+								
Parvicardium ovale				+	+						
Acanthocardia tuberculata				+		+		+			
Loripes lacteus										+	+
Divaricella divaricata											+
Dosinia lupinus						+					+
Venus gallina		+		+		+	+				+
Venus verrucosa				+							
Venerupis aurea		+		+		+		+			+
Ruditapes decussatus		+				+		+			+
Venerupis rhomboides								+			+
Tellina tenuis											+
Tellina nitida				+							
Scrobicularia plana		+				+					+
Abra ovata			+						+		+
Donax trunculus				+		+				+	+
Donax semistriatus				+		+				+	+
Solen marginatus		+				+		+		+	+
Ensis ensis										+	
Ensis siliqua		+						+		+	+
Pharus legumen								+		+	+
Mactra corallina		+		+		+					+
Spisula subtruncata		+		+		+		+		+	+
Lentidium mediterraneum						+				+	+
Pandora flexuosa				+							

Tableau 2.- Lamellibranches marins deuxièmes hôtes intermédiaires de Trématodes sur le littoral méditerranéen français .

A ces désordres de nature métabolique s'ajoutent des perturbations d'ordre mécanique chez les hôtes parasités par des rédies. En effet, à la différence des sporocystes, les rédies mènent une vie active, se déplaçant même à l'intérieur de l'organe parasité ; pourvues d'un tube digestif elles se nourrissent aux dépens des cellules de leur hôte.

Tous ces effets conduisent le plus souvent à la mort du Lamellibranche. Nous n'avons d'ailleurs jamais trouvé les traces d'un parasitisme ancien qui laisserait supposer que le Bivalve ait survécu à une infestation antérieure.

2.- Le Lamellibranche est un deuxième hôte intermédiaire

Quand un parasite donné est présent chez tous les individus d'une population, et si en outre la densité du parasitisme est faible, les effets de la parasitose sont masqués et restent souvent inconnus. Les désordres dus à la présence des parasites sont réparés par l'hôte et sont ainsi difficilement détectés. Par contre, lorsque les effectifs parasitaires deviennent importants, on peut alors plus facilement apprécier les conséquences du parasitisme.

Parfois dans la nature, les conditions écologiques sont telles que l'on observe une favorisation de la transmission. Il en résulte alors une exubérance du parasitisme qui se manifeste :

- au niveau de la prévalence : tous les individus de la population sont atteints ;

- au niveau de la densité : l'effectif des parasites atteint des valeurs considérables.

Nous avons observé de tels phénomènes dans certaines stations de Camargue.

Dans quelques petits étangs saumâtres où pullulent *Abra ovata* et *Cerastoderma glaucum*, et où abondent les Oiseaux hôtes définitifs (*Aythya ferina* et *A. fuligula*) on observe un important parasitisme de ces Lamellibranches par *Gymnophallus rebecqui* . L'abondance des métacercaires se traduit chez chaque Pélécypode par des réactions palléales extrêmement intenses. En regard des proliférations du manteau s'édifient sur la face interne de la coquille des excroissances en forme de cratères au centre desquelles se disposent les parasites (Bartoli, 1983 b).

Dans le fond du Golfe de Beauduc, là où l'hydrodynamisme et les courants marins sont de faible intensité, tous les *Donax trunculus* sont abondamment parasités par les métacercaires de *Meiogymnophallus strigatus*. Dans ce cas encore, les nombreuses larves provoquent de fortes réactions palléales et de graves lésions au niveau de la coquille (Bartoli 1983 c).

Dans la lagune confinée de Beauduc, la pullulation des divers hôtes entrant dans le cycle biologique de *Gymnophallus fossarum* entraîne de graves désordres dans la croissance de *Cerastoderma glaucum* et de *Venerupis aurea*, de spectaculaires déformations de leur coquille et même de profondes modifications éthologiques (phénomènes de favorisation) (Bartoli 1973 a et b, 1976 et 1981).

III - DISTOMATOSES ET CONCHYLICULTURE

L'endémiotope d'un parasite est le biotope dans lequel toutes les conditions sont réunies pour un déroulement complet et permanent de l'ensemble des phases de son cycle biologique. Dans cette aire, tous les hôtes sont évidemment présents.

Dans un endémiotope, le flux du recrutement parasitaire est sous la dépendance de plusieurs facteurs :

- abondance des divers hôtes, principalement des hôtes définitifs et des premiers hôtes intermédiaires.
- contiguïté de ces hôtes.
- productivité cercarienne (le nombre de cercaires émises varie selon les espèces de Trématodes).
- caractéristiques mésologiques de l'endémiotope.

La transmission des stades infestants est d'autant plus favorable que la concentration des hôtes est élevée et l'hydrodynamisme faible ; plus le milieu est confiné, plus le recrutement est élevé. C'est précisément dans ces zones naturelles de mode calme que pour des raisons évidentes de commodité on a tendance à implanter les stations de conchyliculture. Or ce sont elles qui sont les plus exposées au parasitisme.

Les aires dans lesquelles on souhaite installer des élevages intensifs de Lamellibranches doivent donc faire au préalable l'objet d'enquête parasitaire approfondie. Méconnaître le parasitisme serait s'exposer à de dramatiques conséquences.

BIBLIOGRAPHIE

BARTOLI, P., 1965 - *Lasiotocus longicystis* n. sp. (Trematoda, Digenea, Monorchiidae), métacercaire parasite de Lamellibranches marins ; recherches expérimentales sur son développement. *Bull. Soc. Zool. France, 90* (1) : 119-129.

BARTOLI, P., 1966 a - Développement expérimental d'une métacercaire nouvelle de la famille des *Gymnophallidae* Morozov, 1955 (Trematoda : Digenea) parasite de Lamellibranches marins. *Bull. Soc. Zool. France, 90* (5-6) : 571-580.

BARTOLI, P., 1966 b - Contribution à l'étude des stades larvaires des Trématodes marins du littoral des Bouches-du-Rhône : *Cercaria longicaudata* n. sp. (Monorchiidae). *Ann. Parasitol. Hum. Comp. , 41* (4) : 301-306.

BARTOLI, P., 1967 - Etude du cycle évolutif d'un Trématode peu connu : *Lepocreadium pegorchis* (M. Stossich, 1900) (Trematoda, Digenea). *Ann. Parasitol. Hum. Comp., 42* (6) : 605-619.

BARTOLI, P., 1972 - Les cycles biologiques de *Gymnophallus nereicola* J. Rebecq et G. Prévot, 1962 et *G. fossarum* P. Bartoli, 1966, espèces jumelles parasites d'Oiseaux de rivages marins (Trematoda, Digenea, Gymnophallidae). *Ann. Parasitol. Hum. Comp. 47* (2) : 193-223.

BARTOLI, P., 1973 a - La pénétration et l'installation des cercaires de *Gymnophallus fossarum* P. Bartoli, 1965 (Digenea, Gymnophallidae) chez *Cardium glaucum* Bruguière. *Bull. Mus. Hist. nat. Paris, 3e sér., n° 117, Zoologie 91* : 319-334.

BARTOLI, P., 1973 b - Les microbiotopes occupés par les métacercaires de *Gymnophallus fossarum* P. Bartoli, 1965 (Trematoda, Gymnophallidae) chez *Tapes decussatus* L. *Bull. Mus. Hist. nat. Paris, 3e sér., n° 117, Zoologie 91* : 335-349.

BARTOLI, P., 1974 - Recherches sur les *Gymnophallidae* F.N. Morozov, 1955 (Digenea), parasites d'Oiseaux des côtes de Camargue : systématique, biologie et écologie. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Aix-Marseille III*, n° CNRS 9429 : 338 p.

BARTOLI, P., 1976 - Modifications de la croissance et du comportement de *Venerupis aurea* parasité par *Gymnophallus fossarum* P. Bartoli, 1965 (Trematoda, Digenea). *Haliotis, 7* : 23-28.

BARTOLI, P., 1981 - Démographie et phénomène de compétition intraspécifique des *Gymnophallidae* Morozov, 1955 chez les deuxièmes hôtes intermédiaires (Trematoda, Digenea). *Ann. Parasitol. Hum. Comp. 56* (1) : 33-44.

BARTOLI, P., 1982 - *Gymnophallus rostratus* n. sp. (Trematoda : Gymnophallidae) parasite de Lamellibranches marins de Camargue (France). *Vie marine, 4* : 51-58.

BARTOLI, P., 1983 a - Populations ou espèces ? Recherches sur la signification de la transmission de Trématodes *Lepocreadiinae* (T. Odhner, 1905) dans deux écosystèmes marins. *Ann. Parasitol. Hum. Comp., 58* (2) : 117-139.

BARTOLI, P., 1983 b - *Gymnophallus rebecqui* n. sp. (syn. *Parvatrema* sp. 1 J. Rebecq, 1964) parasite intestinal d'Anatidés de Camargue (France). *Ann. Parasitol. Hum. Comp., 58* (3) : 211-225.

BARTOLI, P., 1983 c - Les stades larvaires de *Meiogymnophallus strigatus* (M.V. Lebour, 1908) n. comb. (Trematoda : Gymnophallidae). *Ann. Parasitol. Hum. Comp., 58* (3) : 227-242.

BARTOLI, P., et PREVOT, G., 1978 - Le cycle biologique de *Holorchis pycnoporus* M. Stossich, 1901 (Trematoda, Lepocreadiidae). *Z. Parasitenkd., 58* : 73-90.

BAYSSADE-DUFOUR, C., et MAILLARD, C., 1975 - Chetotaxie de *Labratrema lamirandi* (Carrère, 1937) Maillard, 1975, Bucephaloidea. Observations sur *Cercaria plumosa* Sinitzin, 1911, Fellodistomatoidea. Comparaison avec *Cercaria* sp. Bayssade - Dufour, 1974, Brachylaimoidea. Discussion sur le sous-ordre des Brachylaimata La Rue, 1957 (Trematoda). *Bull. Mus. Hist. nat. Paris, 3e sér., n° 283, Zoologie 193 :* 39-68.

MAILLARD, C., 1975 a - *Labratrema lamirandi* (Carrère, 1937) (Trematoda, Bucephalidae) parasite de *Dicentrarchus labrax* (L. 1758).Création du genre *Labratrema*. Cycle évolutif. *Bull. Mus. Hist. nat. Paris, 3e série, n° 283, Zoologie 193 :* 69-80.

MAILLARD, C., 1975 b - Cycle évolutif de *Paratimonia gobii* Prévot et Bartoli, 1967 (Trematoda, Monorchiidae). *Acta Tropica, 32* (4) : 327-333.

MAILLARD, C., 1976 - Distomatoses de Poissons en milieu lagunaire. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier*, n° CNRS 12304 : 383 p.

MARTINEZ, J.C., 1972 - Recherches sur quelques stades larvaires de Digènes parasites de *Mytilus galloprovincialis* Lmk. *Thèse de Doctorat de Spécialité, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier*, 135 p.

PREVOT, G., 1965 - Complément à la connaissance de *Proctoeces maculatas* (Looss, 1901) Odhner, 1911 [Syn. *P. erythraeus* Odhner, 1911 et *P. subtenuis* (Linton, 1907) Hanson, 1950] (Trematoda,Digenea, Fellodistomatidae). *Bull. Soc. Zool. France, 90* : 175-179.

PREVOT, G., 1974 - Recherches sur le cycle biologique et l'écologie de quelques Trématodes nouveaux parasites de *Larus argentatus michaellis* Naumann dans le midi de la France. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Aix-Marseille III*, n° CNRS 9436 : 319 p.

THEME III

ECOPHYSIOLOGIE

HALIOTIS, 14, 1984
p. 111 à 118

EVOLUTION DE LA TOLERANCE THERMIQUE DE MYTILUS GALLOPROVINCIALIS LAMARCK EN FONCTION DES TEMPERATURES SAISONNIERES ; COMPARAISON DE LA SENSIBILITE THERMIQUE D'INDIVIDUS PROVENANT DE POPULATIONS DIFFERENTES

par

Henri MASSÉ et Alain PARACHE

Centre d'Océanologie de Marseille URA 41 - Station Marine d'Endoume 13007 Marseille

ABSTRACT : UPPER TEMPERATURE TOLERANCES OF *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LMK - INFLUENCE OF SEASONAL ACCLIMATION TEMPERATURES, COMPARISONS BETWEEN INDIVIDUALS LIVING IN DIFFERENT MUSSEL-BEDS.

The thermal tolerance of *Mytilus galloprovincialis* has been studied experimentaly for individuals of different ages and coming from different mussel-beds. The lethal temperature for 50% of individuals (LT50) have been evaluated according to a) duration of exposure to high temperatures (3 to 96 hours) b) seasonal acclimation temperatures (summer conditions 20 to 22°C, winter conditions 10 to 12°C). The temperatures at which 50% of individuals are able to produce byssal threads (TFB50) have been evaluated in the same conditions. For lethal temperatures, there are little differences between youngs and adults and between individuals coming from different biotops, but a difference of 2°C exists between the LT50 of individuals acclimated respectively to winter and summer conditions, the latter are more tolerant. For TFB50, there is a clear difference between youngs and adults, the latter show a long delay in response, specially those acclimated to summer conditions. The evolution of LT50 gives an idea of the thermal tolerance of this species which varies between 29°C in winter to 31°C in summer. For TFB50, the mean value varies between 28°C in winter to 29.5°C in summer wherever the mussels come from, in North-Western Mediterranean Sea

RESUME : La tolérance thermique de *Mytilus galloprovincialis* a été étudiée expérimentalement en fonction de l'âge et pour des individus provenant de populations différentes. Les températures létales pour 50% des individus (TL50) ont été déterminées en fonction de la durée d'exposition (3 à 96 heures) et de la température saisonnière d'acclimatation (conditions estivales 20 à 22°C et hivernales 10 à 12°C). Les températures compatibles avec la fixation par le byssus pour 50% des individus (TFB50) ont été déterminées dans les mêmes conditions. Pour les températures létales, il existe peu de différences entre les jeunes et les adultes, et, entre les individus provenant de différents biotopes, mais un écart d'environ 2°C existe entre les TL50 des individus acclimatés aux conditions hivernales et ceux acclimatés aux conditions estivales dans le sens d'une tolérance accrue pour ces derniers. Par contre, pour les TFB50, il existe une nette différence entre les jeunes et les adultes, ces derniers ayant un délai de réponse beaucoup plus long et des TFB50 plus faibles, spécialement en conditions estivales. L'évolution des valeurs des TL50 qui varient entre 29°C en hiver et 31°C en été donne une idée de la tolérance thermique de cette espèce en Méditerranée nord-occidentale. Pour les TFB50, la valeur moyenne varie entre 28°C en hiver et 29°C en été quelle que soit la moulière d'origine des individus testés.

MOTS CLEFS : Tolérance thermique *Mytilus galloprovincialis*

KEY WORDS : Thermal tolerance *Mytilus galloprovincialis*

INTRODUCTION :

La prolifération des moulières sur les ouvrages immergés des Centrales électriques construites en bord de mer est un fait d'observations classiques qui mérite une attention spéciale en raison des risques de colonisation et de colmatage du circuit de refroidissement de la Centrale. Ces installations sont à l'origine d'une pollution thermique, le plus souvent très localisée. C'est dans cet ordre d'idée que nous avons essayé de définir les limites thermiques supérieures compatibles avec la survie des moulières de *Mytilus galloprovincialis*.

En raison des connaissances acquises antérieurement (BODOY et MASSÉ, 1977), nous avons

voulu suivre l'évolution de la tolérance thermique en fonction des températures saisonnières, de l'âge des moules, du niveau bathymétrique où elles vivent et de l'influence des chocs thermiques subis au niveau du rejet des eaux de refroidissement.

Par analogie avec les expériences réalisées sur des mollusques endogés, nous avons testé deux limites dans la tolérance thermique. La première est une limite léthale correspondant à la mortalité de 50% des individus (TL50). La seconde est une limite biologique et éthologique il s'agit de l'arrêt de la capacité de fixation au substrat par la sécrétion de fils byssogènes chez 50% des individus soumis à des températures élevées (TFB50).

On peut considérer que la perte de cette faculté augmente les risques de mortalité par arrachage lors des coups de mer et constitue un indicateur du bon état physiologique des moules.

MATERIEL ET METHODES :

Le protocole expérimental est celui décrit par BODOY et MASSÉ (1978) à un détail près. Les moules sont posées sur une gaze en matière synthétique à grosses mailles, elle-même posée sur le gravier du filtre occupant le fond de l'aquarium. Les moules peuvent ainsi se fixer sur cette gaze par leur byssus.

Les individus à tester sont immergés brutalement par lot de 20 dans une série de 6 bacs maintenus à température constante respectivement à 28, 30, 32, 34, 36 et 38°C. Un lot témoin est maintenu à la température du circuit ouvert de distribution d'eau de mer du laboratoire dont la température varie avec celle du milieu naturel.

Les contrôles sont effectués après 3, 6, 12, 24, 48, 72 et 96 heures. Ils permettent de comptabiliser les individus ayant sécrété un ou plusieurs fils byssogènes, ceux n'ayant rien sécrété et ceux qui sont morts. Chaque animal douteux est immergé dans un bac à la température du lot témoin. En cas de récupération rapide, il est remis dans son bac d'expérience. Dans le cas contraire, deux éventualités s'offrent. Dans la première, la récupération est très lente, l'individu est compté mort au temps du contrôle suivant ; dans la seconde, en absence de récupération, il est compté mort au temps même du contrôle.

Une détermination graphique des TL50 et TFB50 est obtenue en cumulant le pourcentage des morts observés à chaque contrôle (BODOY et MASSÉ, 1978). L'expérimentation a porté sur un certain nombre d'individus provenant de populations différentes. Le tableau 1 donne le détail de l'origine des moules testées, de leur taille et des conditions de milieu au moment de la récolte.

RESULTATS :

Les tableaux 2 et 3 récapitulent l'ensemble des valeurs des TL50 et TFB50 estimées au cours des 12 expériences réalisées dans ce travail. D'une manière générale, l'évolution des TL50 suit une tendance que l'on retrouve dans toutes les expériences. Pendant les premières 24 heures, les valeurs des TL50 décroissent rapidement avec l'augmentation de la durée d'exposition, puis, au-delà, ces valeurs se stabilisent vers un seuil permettant de définir une TL50 moyenne de 29°C en hiver et 31°C en été. En ce qui concerne les TFB50, la tendance est inverse : les valeurs augmentent, puis se stabilisent au niveau d'un seuil atteint généralement après 48 heures. Il faut noter qu'il existe un délai dans la réponse de certains lots, délai pouvant atteindre 24 heures après l'immersion à une température élevée. Les valeurs moyennes des TFB50 sont respectivement de 28°5 en hiver et de 29,5°C en été. Au niveau des seuils respectifs des TL50 et TFB50, les valeurs sont souvent très proches, en particulier chez les jeunes individus ; l'écart est voisin de 1°C en faveur des TL50.

TABLEAU 1 - Origines des individus testés et conditions de milieu au moment de leur récolte. Ponteau 1 correspond à une station de référence située à l'extérieur du bassin de réception des eaux réchauffées de la Centrale. Ponteau 3 correspond à une station située au rejet même des eaux chaudes.

EXPERIENCE	DATE	TAILLE(en mm)	TEMPERATURE(°C)	PROFONDEUR(en m)	LIEU
1	19.03.82	35-50	12-14	0,5	Ponteau 1
2	19.03.82	10-25	12-14	0,5	Ponteau 1
3	1.04.82	35-50	16-21	0,5	Ponteau 3
4	1.04.82	10-25	16-21	0,5	Ponteau 3
5	20.04.82	10-25	13	15	Bouée SE Riou
6	20.04.82	40-50	13	15	Bouée SE Riou
7	12.08.82	10-25	20-24	15	Bouée SE Riou
8	12.08.82	40-50	20-24	15	Bouée SE Riou
9	25.08.82	40-50	22-24	0,5	Ponteau 1
10	25.08.82	10-25	22-24	0,5	Ponteau 1
11	1.09.82	40-50	20-25	0,5	Ponteau 3
12	1.09.82	10-25	20-25	0,5	Ponteau 3

TABLEAU 2 - Valeurs des températures létales moyennes TL50 estimées dans les 12 expériences, en fonction de la durée d'exposition à des températures élevées.

EXPERIENCE	TEMPS D'EXPOSITION EN HEURES						
	3	6	12	24	48	72	96
1	36,7	35,1	34	31	29,1	29	29
2	36,8	35	33,2	31	29,5	29	29
3	38	37	35,3	31,3	29,5	29,2	29,1
4	37	34,4	32,5	30,9	30,3	29,2	29
5	38	35	32,8	30,5	29,3	29	29
6	35,7	33,5	31	30	29	29	29
7	37,3	36,3	34	32,8	31	31	31
8	38	37	34,3	31,5	31	31	30,9
9	-	36,4	34,7	31	31	31	31
10	37,3	35,7	33,2	32,5	31	31	31
11	-	37,4	35	31,5	31	31	31
12	37,2	37	34,8	32,7	31,2	31,1	31

La figure 1 illustre l'influence de l'acclimatation saisonnière naturelle sur les valeurs des TL50. Quelle que soit l'origine ou la taille des moules, on observe une différence très nette entre les individus acclimatés naturellement aux conditions estivales (expériences 9 et 10) et ceux acclimatés aux conditions hivernales (expériences 1 et 2). Au-delà d'une durée d'exposition de 48 heures, l'écart moyen entre les valeurs estivales et hivernales est d'environ 2°C. La figure 2 illustre l'influence de l'acclimatation saisonnière sur les valeurs des TFB50. Chez les individus jeunes, on retrouve la tendance observée pour les TL50. Chez les individus adultes, les écarts sont plus faibles entre ceux acclimatés respectivement aux conditions hivernales ou estivales (expériences 9 et 1).

Ceci nous amène à considérer l'influence de l'âge sur la tolérance thermique. D'après les observations de PARACHE (1984), on peut considérer que les individus de petite taille

(10 mm < L < 25 mm) utilisés dans nos expériences sont peu impliqués dans les processus liés à la reproduction, nous les appellerons les jeunes, tandis que les individus de grande taille (35 mm < L < 50 mm) le sont, nous les appellerons adultes.

TABLEAU 3 - Valeurs des températures moyennes compatibles avec la fixation par le byssus (TFB50), en fonction de la durée d'exposition aux températures élevées, estimées dans les 12 expériences.

EXPERIENCES	TEMPS D'EXPOSITION EN HEURES						
	3	6	12	24	48	72	96
1	-	-	26,9	27,1	27,1	27,1	27,1
2	27,1	27,2	27,2	27,3	28	28	28
3	27,2	27,3	27,6	28	28,8	28,8	28,8
4	-	-	-	-	27,1	27,4	27,6
5	27,1	27,1	27,2	27,6	28	28,6	28,5
6	-	-	-	27,1	28	28,4	28,6
7	29,2	29,5	30	30	30,6	30,5	30,5
8	-	-	-	28,4	28,8	28,8	28,9
9	-	-	27,2	27,3	27,4	27,4	27,6
10	28,6	29	30,2	30,2	30,7	30,7	30,7
11	-	-	-	27	27,2	28	29
12	28	28,8	29,8	29,5	29,4	29,6	29,6

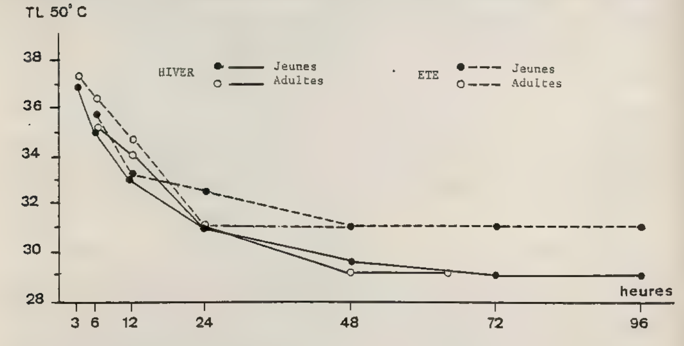


FIGURE 1 - Influence de l'acclimatation saisonnière naturelle sur l'évolution des TL50 en fonction de la durée de l'exposition à des températures élevées.

Au niveau des températures létales, on observe peu de différence entre les jeunes et les adultes acclimatés à la même température saisonnière, spécialement au-delà de 24 heures. Au niveau de la sécrétion de byssus, il n'en est pas de même et l'on observe deux types de différences notables. D'une part, les adultes soumis à un choc thermique montrent un temps de réponse plus ou moins long pouvant atteindre 24 heures, ce qui est rare chez les jeunes indi-

vidus. D'autre part, les valeurs des TFB50 sont régulièrement plus élevées chez les jeunes qui se montrent ainsi plus tolérants que les adultes quelle que soit l'origine du lot d'individus testés (expériences 1 et 2, 3 et 4, 5 et 6, 7 et 8, 9 et 10, 11 et 12).

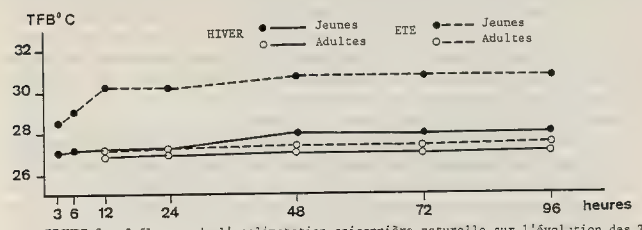


FIGURE 2 - Influence de l'acclimatation saisonnière naturelle sur l'évolution des TFB50 en fonction de la durée de l'exposition à des températures élevées.

Deux autres facteurs ont été testés pour évaluer leur incidence possible sur les valeurs des TL50 et TFB50. Il s'agit, d'une part, de la répartition bathymétrique de la moulière, d'autre part, de l'accoutumance à des chocs thermiques répétés tels que les subit la moulière en place au niveau du rejet des eaux de refroidissement de la Centrale.

Au niveau de la bathymétrie, nous avons comparé les moulières situées dans la partie supérieure de l'étage infralittoral, à 0,5 m au dessous du niveau moyen de la mer, aux moules récoltées à -15 m sur la ligne de mouillage d'une bouée de signalisation de la navigation. A cette profondeur, les écarts thermiques subis par les moules sont moins extrêmes qu'en surface. La comparaison des valeurs obtenues respectivement dans les couples d'expériences 2 et 5, 7 et 10, 1 et 6, 8 et 9 montre, d'une part, qu'au niveau des TL50 il n'existe pas de différences marquées entre les individus vivant en surface ou à 15 m de profondeur, d'autre part qu'au niveau des TFB50 il n'existe pas non plus de différences significatives chez les jeunes individus. Par contre, les résultats obtenus avec les adultes sont moins cohérents, certains lots ayant des réactions moins nettes, comme nous l'avons souligné précédemment. Ceci entraîne, en particulier dans les expériences 1 et 9, une grande différence entre les valeurs des TL50 et TFB50.

La comparaison des couples d'expériences 1 et 3, 2 et 4, 9 et 11, 10 et 12 permet de tester l'influence des chocs thermiques répétés subis par la moulière implantée au rejet par rapport à celle de la station de référence. Dans l'ensemble, il n'existe pas de différences dans la tolérance thermique des individus provenant des deux moulières, aussi bien au niveau des TL50 que des TFB50. A noter toutefois la réaction très lente des adultes vivant à la station 1 au niveau des valeurs des TFB50 aussi bien en hiver qu'en été. A la station 3, en été, les valeurs des TFB50 semblent relativement basses aussi bien pour les jeunes que pour les adultes.

DISCUSSION :

Pour ce qui est des TL50, les valeurs déterminées pour *M. galloprovincialis* (29 à 31°C) sont légèrement supérieures à celles avancées pour *Mytilus edulis* 26 à 28°C (HUTCHINGS, 1947), 26,7 à 28,9 (READ and CUMMING, 1967), 28,2°C (WALLIS, 1975). Toutefois, il convient de

signaler, d'une part, le cosmopolitisme de *M. edulis* pouvant entraîner l'existence de races physiologiques locales en fonction de la latitude et de l'isolement des populations, d'autre part, un certain eurybathisme qui entraîne la coexistence de populations subtidales et intertidales. Ceci implique des capacités d'eurythermie remarquables pour les moules soumises à une exposition aérienne régulière à des températures élevées. Néanmoins, GONZALEZ et YEVITCH (1976) signalent l'existence de mortalités massives de populations subtidales de *M. edulis*, dans le Massachussetts, à partir d'une température de 27°C, dans l'effluent d'une Centrale électrique. Dans nos expériences, nous avons utilisé des *M. galloprovincialis* d'origines subtidales, ce qui explique sans doute que nous n'ayons pas mis en évidence d'influence de la bathymétrie sur la tolérance thermique des moules testées.

D'une manière générale, l'acclimatation saisonnière naturelle produit un accroissement de la tolérance thermique comme l'ont observé WALLIS (1975) sur *M. edulis*, WAUGH (1972) sur *Modiolus demissus*, KENNEDY and MIHURSKY (1971), ANSELL et al.(1980a,b,1981), BODOY et MASSÉ (1977) sur d'autres espèces de mollusques marins. L'écart entre les TL50 estivales et hivernales n'excède pas 2°C quelle que soit la taille des individus testés. Ceci est en accord avec les données de la littérature sur ce sujet pour *M. edulis* (BAYNE et al., 1976). Il en résulte que c'est en été que les limites létales sont susceptibles d'être atteintes au niveau du rejet où pour une température estivale de 24°C, il suffira d'un accroissement de température de 7°C pour atteindre la TL50 estivale de 31°C. Sur le site de la Centrale de Martigues-Ponteau, des températures de 32°C ont été observées en été entraînant de très fortes mortalités (ARNAUD et al., 1981).

En ce qui concerne l'attachement par le byssus, de la même manière, nous pouvons avancer des TFB50 moyennes comprises entre 28 et 29,5°C en fonction de l'acclimatation saisonnière, soit un écart de 1°C par rapport aux TL50 correspondantes. Selon VAN WINKLE (1970), chez *M. edulis*, l'arrêt de la production de byssus se situe à une température (26°C) proche de la température létale ; toutefois, l'optimum dans la production de fils byssogènes correspond à une température plus basse, autour de 23°C. Cet aspect du problème n'a pas été testé en détail dans nos expériences chez *M. galloprovincialis*. Cependant, il convient de dire que la sécrétion de byssus est toujours moins importante dans les bacs expérimentaux réchauffés que dans le bac témoin où la température suit les fluctuations saisonnières naturelles.

En ce qui concerne l'effet de la taille sur les TFB50, nos observations sont en accord avec celles de GLAUS (1968) et REISH and AYERS (1968) sur *M. edulis*. Ces auteurs ont observés que les jeunes individus sont beaucoup plus actifs et productifs que les adultes.

D'autres facteurs peuvent intervenir sur la sécrétion du byssus ; ainsi SMITH (1968) a testé l'influence du pétrole brut sur cette fonction, de même, la salinité et la teneur en oxygène dissous peuvent avoir un rôle important (VAN WINKLE, 1970). Dans nos expériences, on ne peut mettre en avant l'existence d'un facteur particulier car la salinité et la tension en oxygène restent relativement constantes. Cependant, les résultats obtenus à la station 3, spécialement chez les jeunes individus, peuvent suggérer que l'on est en présence d'individus fragilisés par les injections de chlore dans les installations de la Centrale. Ainsi, lors des récoltes des échantillons, on peut constater que la résistance à l'arrachement est beaucoup plus forte à la station 1 de référence qu'à la station 3, au rejet.

On peut dire que *M. galloprovincialis*, en Méditerranée nord-occidentale, est sensiblement plus tolérante que *M. edulis*. Toutefois, sa tolérance thermique n'a rien d'exceptionnel si on la compare à celle d'autres mytilidae tropicaux. Ainsi *Modiolus demissus* peut supporter

des températures comprises entre 36 et 38°C (LENT, 1968) et continue à produire normalement des fils byssogènes entre 26 et 28°C en été. De même, *Aulacomya maoriana* et *M. edulis aoteanus* en Nouvelle Zélande, acclimatées à 20°C ont des températures létales variant respectivement entre 30 et 33°C pour la première, 36 et 37°C pour la dernière (KENNEDY, *in* : BAYNE and *al.*, 1976).

Dans une optique de conchyliculture, cette étude permet de dire qu'il n'est pas raisonnable d'envisager une mytiliculture de *M. galloprovincialis* dans des lagunes ou étangs méditerranéens dont la température estivale dépasserait régulièrement 30°C, ceci indépendamment des risques de crises distrophiques liées à l'élévation de la température dans un écosystème eutrophe semi-fermé. Par ailleurs, l'étude du facteur bathymétrique sur la tolérance thermique donne à penser que le transfert du naissain capté en eau plus profonde (-15 à -25 m), vers des parcs de grossissement superficiels où les conditions thermiques sont plus extrêmes, ne présente pas de risques sur le plan de la tolérance thermique de ces jeunes puisque leurs TL50 sont comparables à celles des adultes et que leurs TFB50 sont même plus élevées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSELL A.D., BARNETT P.R.O., BODOY A. and MASSÉ H., 1980a - Upper temperature tolerances of some European molluscs. I. *Tellina fabula* and *T.tenuis*. *Mar.Biol.*,58 : 33-39

ANSELL A.D., BARNETT P.R.O., BODOY A. and MASSÉ H., 1980b - Upper temperature tolerances of some European molluscs. II. *Donax vittatus, D.semistriatus and D. trunculus*. *Mar. Biol.*, 58 : 41-46.

ANSELL A.D., BARNETT P.R.O., BODOY A. and MASSÉ H., 1981. Upper temperature tolerances of some European molluscs. III. *Cardium glaucum, C. tuberculatum* and *C. edule*. *Mar. Biol.*, 65 : 177-183.

ARNAUD P.M., BELLAN-SANTINI D., HARMELIN J.G., MARINOPOULOS J. et ZIBROWIUS H., 1981- Impact des rejets d'eau chaude de la Centrale thermo-électrique E.D.F. de Martigues Ponteau (Méditerranée nord-occidentale) sur le zoobenthos des substrats durs superficiels : 701-724. 2èmes Journées de la thermo-écologie, I.S.T.P.M. NANTES, 1979, (882 pp.) E.D.F. Direction de l'Equipement Paris.

BAYNE B.L., THOMPSON R.J. and WIDDOWS J., 1976 - Marine mussels : Physiology I : 121-206. *in* BAYNE B.L. (Ed.) Marine mussels their ecology and physiology, 506 pp. Cambridge University Press LONDON.

BODOY A. et MASSÉ H., 1977 - Etude sur la résistance à la température de quelques mollusques marins des côtes de Provence. *Bull. Ecol.*, 8 (1) : 91-101.

BODOY A. et MASSÉ H., 1978 - Etude expérimentale de l'influence de la température sur la survie de mollusques bivalves marins endogés. *Haliotis*, 7 : 131-132.

GLAUS K.J., 1968 - Factors influencing the production of byssus threads in *Mytilus edulis*. *Biol.Bull.mar.Biol.Lab. Woods Hole*, 135 : 420.

GONZALEZ J.G. and YEVITCH P., 1976 - Responses of an estuarine population of the blue mussel *Mytilus edulis* to heated water from a stream generating plant. *Mar.Biol.*, 34 : 177 - 189.

HUTCHINGS L.W., 1947 - The base for temperature zonation in geographical distribution. *Ecol. Monogr.*, 17 : 325-335.

KENNEDY V.S. and MIHURSKY J.A., 1971 - Upper temperature tolerances of some estuarine bivalves. *Cheseapeake Sci.*, 193-204

LENT C.M., 1968 - Air gaping by the ribbed mussel *Modiolus demissus* (Dillwyn) : effect and adaptative significance. *Biol.Bull.mar.Lab. Woods Hole*, 134 : 177-189.

PARACHE A., 1984- Variations de l'effort de reproduction en fonction de l'âge des individus dans une moulière naturelle de *Mytius galloprovincialis* Lamarck, en Méditerranée nord-occidentale. *Haliotis (sous presse)* Symposium " Conchyliculture méditerranéenne" Les Embiez 1983.

READ K.B.H. and CUMMING K.B., 1967 - Thermal tolerance of the bivalves molluscs *Modiolus modiolus* L.and *Brachidontes demissus* Dillwyn. *Comp.Bioch.Physiol.*, 22 : 149-155.

REISH D.J. and AYERS J.L. Jr, 1968 - Studies on the *Mytilus edulis* community in Alamitos Bay, California. III. Effects of reduced dissolved oxygen and chlorinity on survival and byssus thread formation. *Veliger*, 10 ; 384-388.

SMITH J.E. (Ed.) 1968 - 'Torrey Canyon' pollution and marine life . 196 pp. Cambridge University Press LONDON

VAN WINKLE W. Jr, 1970 - Effect of environmental factors on byssal thread formation . *Mar Biol.*, 7 : 143-148.

WALLIS R.L., 1975 - Thermal tolerance of *Mytilus edulis* of Eastern Australia. *Mar. Biol.*, 30 : 183-191.

WAUGH D.L., 1972 - Upper lethal temperatures of the pelecypod *Modiolus demissus* in relation to declining environmental temperatures. *Canadian J. Zool.*, 50 : 523-527.

Nous remercions la Direction de l'Equipement d' Electricité De France qui nous a permis de réaliser ce travail.

HALIOTIS, 14, 1984
p. 119 à 130

ETUDE DES ADAPTATIONS PHYSIOLOGIQUES ENTRAINEES PAR UN JEUNE PROLONGE CHEZ *Ruditapes decussatus*, bivalve endogé.

par

Stephen BAGHDIGUIAN* et Alain RIVA**

* Faculté des Sciences St Jérôme Marseille -Laboratoire de biologie marine.

** Fondation océanographique Ricard Les Embiez (Var-France).

- ABSTRACT : STUDY OF PHYSIOLOGICAL ADAPTATIONS DUE TO A RIGOROUS FAST OF THE INFAUNAL BIVALVE *RUDITAPES DECUSSATUS*.

The evolution of the oxygen consumption and of the ammoniacal excretion has been observed on a batch of clams of equal size, submitted to a rigourous fast for one month. In this precise case, the minimum value is observed at the beginning of the experiment and nothing allows to assert it is the lowest level of the nitrogenous metabolism. As a matter of fact, the effect of the long-range leads to an increase in the ammoniacal excretion and to a lowering of the consumption of O_2 ; as regards the evolution of the ratio O/N, it would aim at proving that the energetic metabolism of the clam based upon the use of the proteins and of the lipids when the nutritional conditions are favourable, then upon the use of the proteins after a 2 months diet.

RESUME :

L'évolution de la consommation en oxygène et de l'excrétion ammoniacale a été suivie sur un lot de palourdes de taille égale soumis à un jeûne strict pendant 2 mois. Dans le cas présent la valeur minimale est observée en début d'expérience et rien ne permet d'affirmer qu'il s'agit là du niveau le plus faible du métabolisme azoté.
En effet, l'effet du jeûne à long terme conduit à un accroissement de l'excrétion ammoniacale et une diminution de la consommation en O_2 ; l'évolution du rapport O/N tendrait à prouver que le métabolisme énergétique de la palourde, fondé sur l'utilisation des protéines et des lipides lorsque les conditions nutritionnelles sont favorables, puis des carbohydrates 27 jours plus tard, n'est plus basé que sur l'utilisation stricte des protéines au bout de deux mois de jeûne.

INTRODUCTION :

Certaines adaptations physiologiques au cours du jeûne ont été relativement bien observées chez les poissons (CREACH et SERFATY, 1965 ; CREACH, 1972 ; NOAILLAC, 1974 ; MERONA, 1976) et chez les crustacés (NEEDHAM, 1957 ; MAYZAUD, 1976, REGNAULT, 1981). Cependant peu d'études dans ce sens ont été abordées chez les mollusques bivalves, hormis les aspects biochimiques (GABBOTT et BAYNE, 1973 ; GABBOTT, 1975). Mais le jeûne est très certainement l'un des facteurs d'agression indirecte du milieu le plus délicat à apprécier. Dans le milieu naturel, en période hivernale, on enregistre des chutes spectaculaires de la biomasse du phytoplancton, une des sources

principales de nourriture pour les bivalves lamellibranches. C'est ainsi que dans les étangs littoraux comme l'étang de Thau, la quantité de chlorophylle a, qui reflète assez bien la biomasse phytoplanctonique, passe de 23,15 mg/m3 le 6 novembre 1981 à 0,31 mg/m3 le 26 novembre de la même année (MAITRE-ALLAIN, 1982).

Il était donc intéressant d'étudier les modifications entraînées par les conditions nutritionnelles particulièrement défavorables sur la physiologie d'un organisme benthique dont la valeur commerciale est loin d'être négligeable. De plus la palourde, par ses caractéristiques écologiques se trouve être un organisme cible dans le cadre d'une pollution accidentelle survenant en zone estuarienne. Une telle étude était donc indispensable pour la compréhension ultérieure des phénomènes d'antagonisme et de synergie pouvant exister entre un stress nutritionnel et l'action toxique d'un élément polluant. En effet, la plupart des études de contamination menées jusqu'alors sur les bivalves considérés comme organismes-tests ne tenaient pas compte de ce facteur important. Quoiqu'il en soit, il semble dès à présent probable que la réponse à un stress de cette nature soit directement tributaire du passé nutritionnel récent des animaux, ainsi que des variations saisonnières de leur composition corporelle.

MATERIEL ET METHODES

1. Maintenance des animaux d'expérience.

Les palourdes utilisées dans le cadre de notre étude sont des adultes immatures de 37 $\pm$ 0,7 mm, récoltés dans l'étang de Thau en Méditerranée.

Après avoir été nourries intensivement pendant six jours avec deux espèces d'algues monocellulaires (*Tetraselmis striata* et *Pavlova lutheri*), 50 palourdes sont placées dans un aquarium contenant 15 l d'eau de mer à 40°/₀₀ et filtrée à 0,45 um pour réaliser un jeûne strict. L'eau de mer est changée tous les jours et l'estimation ponctuelle de la flore bactérienne totale n'excédait pas 10^5 bactéries par litre. L'aquarium est placé dans un incubateur qui assure une photopériode de 12 heures, ainsi que le maintien d'une température constante de 19°C pendant toute la durée de l'expérience (deux mois). Un bullage enfin assure la bonne oxygénation du système (à 95% de saturation en O_2). L'aquarium divisé en trois compartiments permet d'isoler trois lots de palourdes destinés aux différentes mesures : respiration et excrétion azotée, taux de filtration et fixation pour la microscopie électronique aux différents stades du jeûne.

2. Technique d'étude de la respiration et de l'excrétion en flacon d'incubation.

Pour mettre en évidence l'évolution de la respiration et de l'excrétion au cours du jeûne, les mesures sont effectuées en flacon D.B.O. : les bivalves, acclimatés à la température souhaitée, sont placés dans les bouteilles (volume 300 ml) pendant une durée d'une heure trente. Le temps d'incubation a été testé de sorte que le pourcentage de saturation en O2

dans les flacons ne diminue pas plus de 30 % de la concentration de départ afin d'éviter de modifier le métabolisme (de ZWANN et WIJEMAN, 1976). Le temps de départ de l'incubation correspond au comportement d'ouverture des valves. L'eau d'incubation filtrée à 0,45 um et saturée en oxygène (contrôle supérieur à 95 % de saturation) est placée 24 heures à l'avance dans l'incubateur, afin de ramener sa température à celle du bac d'acclimatation. L'incubation se fait ainsi dans les mêmes conditions que celles rencontrées dans l'aquarium de maintenance. En fin d'expérience, la consommation en oxygène est obtenue par différence avec trois témoins (flacon D.B.O. sans palourde) à l'aide d'un oxymètre digital (Orbisphère). L'étude de l'excrétion quant à elle se fait en même temps que les mesures d'oxygène, sur l'eau contenue dans les bouteilles d'incubations.

La méthode utilisée pour doser l'azote ammoniacal $N-NH_4$ et l'urée N-Urée est celle de TREGUER et LECORRE sur chaîne Technicon. Chaque animal est ensuite mesuré, puis replacé dans le bac d'acclimatation, dans l'attente d'une nouvelle expérience à un stade plus poussé du jeûne.

3. Méthode d'étude de la filtration en chambre à flux continu.

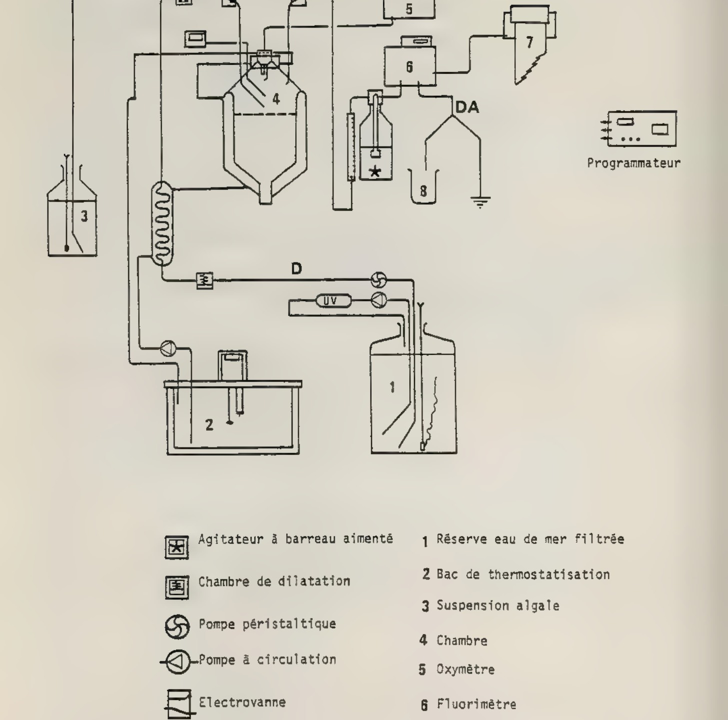
3.1 Description du dispositif expérimental.

3.1.1 Principe.

Le dispositif a été mis au point et testé par RIVA et BADOR (Fig. 1). Il est dérivé d'un appareillage conçu par BAYNE et al. (1977). L'animal à tester est placé dans une chambre thermostatée traversée par l'eau de mer filtrée à 0,45 um à la même salinité (40°/..) et à la même température (19°C) que le bac de maintenance. Le débit de l'eau est fixé à 40 ml/mn(DA) en tenant compte des taux de filtration étudiés par d'autres auteurs. Il doit rester légèrement supérieur aux taux de filtration moyens des lamellibranches étudiés (BADOR, 1981). La température est maintenue constante grâce à un circuit secondaire de thermostatisation (autour de la chambre et au niveau du col) et l'oxygénation est maintenue maximale (95 % de saturation) par bullage permanent dans les cuves de réserve. Celles-ci contiennent de l'eau de mer vieillie, donc "stabilisée bactériologiquement" (MENGUS, 1978), et une pompe à circulation fait passer l'eau devant une lampe à ultra-violet ce qui permet d'éviter sa recontamination (BADOR, 1981). Ceci permet de limiter l'influence des microorganismes sur les résultats des expériences de filtration. Sur la chambre de mesures est adaptée une sonde à oxygène dissous (Orbisphère) couplée à un agitateur rotatif. L'agitateur a un double rôle :

- il assure le renouvellement de l'eau devant la membrane pendant les mesures (absorption d'O_2 au niveau de l'électrode) ;
- il homogénéise le milieu contenu dans la chambre et évite ainsi la sédimentation du phytoplancton. L'efficacité de cette agitation a été vérifiée avec du colorant rouge neutre en chambre ouverte et fermée. L'animal se trouve donc dans un milieu homogène quelle que soit sa position dans la chambre.

Dans le flux entrant on ajoute une suspension algale de *Tetraselmis striata*. Cette suspension est prélevée grâce à une pompe



Agitateur à barreau aimenté

Chambre de dilatation

Pompe péristaltique

Pompe à circulation

Electrovanne

Débimètre

1 Réserve eau de mer filtrée

2 Bac de thermostatisation

3 Suspension algale

4 Chambre

5 Oxymètre

6 Fluorimètre

7 Enregistreur

8 Flacon de prélèvement pour comptage

Fig. 1 - Dispositif expérimental

péristaltique, dans un bocal opaque rempli avant chaque expérience. On peut estimer la concentration cellulaire dans le courant d'eau grâce au Coulter Counter (compteur de particules) avant chaque début de manipulation. On estime que la concentration cellulaire dans le flux entrant est constante au cours d'une mesure. L'étalonnage permet d'obtenir un enregistrement graphique continu, la hauteur du tracé étant proportionnelle au nombre d'algues. Deux électrovannes permettent soit de faire circuler l'eau dans la chambre, soit d'isoler celle-ci, le flux est alors direct. La concentration algale sortant de la chambre (circuit ouvert) ou la concentration entrant dans la chambre (flux direct) est déterminée à l'aide du fluorimètre. Par différence, on peut donc connaître le nombre de cellules retenues par l'animal. Des essais préliminaires ont été effectués et ont montré qu'il n'y avait pas de différence entre le flux entrant et le flux sortant en l'absence d'animaux.

3.1.2 Protocole expérimental.

Un animal est isolé dans la chambre, circulation d'eau et d'algues établies, agitateur branché. Il y a équilibration du taux d'oxygène dissous et de la concentration algale dont la quantité, définie au préalable ($C_2 = 10^4$ cel/ml), est déterminée d'une manière théorique par un rapport de dilution du ballon de culture. Ce rapport est fonction de la concentration en cellules de la souche (culture en phase exponentielle = C0) ainsi que des débits D et d imposés au système. On utilise la relation suivante :

$$DA / C1 = d / C2$$

d'où

$$C1 = DA \times C2 / d$$

avec

$$DA = D + d \quad \text{et } C2 = 10^4 \text{ cel/ml}$$

Le rapport de dilution étant quant à lui égal à C0 / C1.

RESULTATS

1. RESPIRATION / EXCRETION.

Les variations parallèles de la consommation d'oxygène et de l'excrétion $N\text{-}NH_4$, N-Urée chez des palourdes soumises à un jeûne strict ont été suivies pendant deux mois. Les mesures sont effectuées tous les 3-4 jours en moyenne et portent sur 25 bivalves de même taille, étudiés individuellement. Les courbes obtenues présentent la moyenne de 13 à 19 réponses individuelles et cette moyenne est précisée par son écart-type. Toutes les palourdes ont été maintenues six jours au préalable en élevage et nourries ad libitum.
La première mesure indique donc la respiration ou l'excrétion moyenne de palourdes régulièrement nourries, et correspond au niveau métabolique de routine.
Les mesures des différents paramètres étudiés ont été ramenées en consommation ou excrétion (respiration, excrétion, O/N) par heure et par animal, néanmoins, nous sommes conscients que ce type d'estimation est très critiquable, car il faudrait rapporter ces valeurs au poids sec (consommation

ou respiration par heure et par mg de poids sec). En effet, les variations du poids de l'animal (parties molles) pendant le jeûne et surtout à la fin de celui-ci lorsque les protéines de structure sont attaquées, pourraient modifier les résultats. Cependant, compte tenu du protocole expérimental, il nous était difficile de sacrifier les animaux à la fin de chaque expérience. Il faut donc appréhender l'expression des résultats comme étant l'évolution de paramètres physiologiques sur une population expérimentale supposée homogène, les mesures étant ramenées à ce que nous pourrons appeler une respiration excrétion moyenne la plus représentative possible de la population expérimentale.

1.1 Consommation d'oxygène.

Dès le 12.04 (12ème jour de jeûne), on note une diminution brutale (28 % environ) de la consommation d'oxygène (Fig. 2). Cependant, cette consommation reprend le 15ème jour pour diminuer régulièrement jusqu'au 43ème jour. Le 17.05 (47ème jour de jeûne), on note une chute spectaculaire de la consommation d'oxygène. A partir de ce jour, et jusqu'à la fin de l'expérience, elle reste pratiquement constante et atteint 133,254 ug d'oxygène/h/palourde, contre 297,412 le 1.04, soit une chute de 55,2 %.

Ainsi le niveau minimal de la consommation d'oxygène correspondant au métabolisme de base, est atteint après plus de huit semaines de jeûne. Il représente 133 ug d'oxygène/h/palourde, soit 44,8 % seulement du niveau observé au cours du métabolisme de routine qui est de 297,412 ug/h/animal. Comparé à d'autres invertébrés marins (crustacés décapodes) soumis aux mêmes conditions et pour lesquels le niveau basal représente 60 % du niveau de routine (WALLACE, 1973 ; ANSELL, 1973 ; CHINNAYYA, 1974 ; KOTAIAH et RAJABAI, 1975), Ruditapes présente un métabolisme basal sensiblement plus faible.

1.2 Excrétion.

1.2.1 Excrétion ammoniacale.

La réponse de l'excrétion au jeûne est très différente de celle de la consommation d'oxygène (Fig. 3). Ici en effet, c'est une augmentation brutale de l'excrétion ammoniacale qui est observée entre le premier et le cinquième jour, augmentation à laquelle fait suite un plateau qui se maintient jusqu'au 12ème jour de jeûne.

Après une nouvelle chute, un autre plateau, plus faible cependant que le premier, est atteint le 22ème jour (22.04) (46 % contre 91 % d'augmentation par rapport à la valeur initiale pour le premier). Le 34ème jour de jeûne (4.05), un nouvel équilibre est atteint mais cette fois avec des valeurs d'excrétion extrêmement faibles. Le 43ème jour enfin, l'excrétion journalière des palourdes augmente à nouveau, pour présenter à partir du 17.05 un plateau assez régulier, et atteindre une valeur d'excrétion de 2,216 ugat d'$N-NH_4$/h/palourde, alors que celle-ci était initialement de 1,242 ugat. Contrairement à ce qui est observé pour la consommation d'oxygène, un jeûne prolongé ne conduit donc pas à un niveau basal d'excrétion ; dans le cas présent, la valeur minimale est observée après 34 jours de jeûne (4.05) et

rien ne permet d'affirmer qu'elle correspond au niveau basal du métabolisme azoté. En fait, l'effet de jeûne à long terme conduit à un accroissement de 78 % environ de l'excrétion ammoniacale.

1.2.2 Excrétion de l'urée.

L'excrétion d'urée (Fig. 4), à l'exception d'un pic le 15ème jour, présente une progression constante au cours du jeûne.
La grande variabilité des mesures rend cependant délicate l'interprétation des résultats. Quoiqu'il en soit, la production d'urée en fin d'expérience semblerait indiquer que les bivalves utilisent de plus en plus les protéines de structure comme substrat énergétique.

1.3 Rapport O/N.

La consommation d'oxygène et l'excrétion ammoniacale n'évoluant pas de façon parallèle au cours de l'expérience, il était intéressant de calculer le rapport O_2 consommé/N excrété (ugat O/ugat N). Depuis CONOVER et CORNER (1968), ce rapport, qui constitue une véritable intégration physiologique, est fréquemment utilisé comme indicateur de la nature du substrat métabolique oxydé à des fins énergétiques. L'évolution de ce rapport au cours du jeûne, pour l'ensemble des palourdes étudiées, est représenté sur la figure 5. Initialement (animaux bien nourris), le rapport est de l'ordre de 16, indiquant que le substrat énergétique habituellement oxydé est de nature protéo-lipidique. Dès le premier jour de jeûne, le rapport diminue, la valeur moyenne étant comprise entre 8 et 5. Manifestement, Ruditapes decussatus résiste au jeûne en ayant recours à d'autres substrats énergétiques et utilise de façon préférentielle les protéines de réserves.
Au cours de la seconde semaine, O/N augmente rapidement et ceci laisse entrevoir une part croissante des lipides de réserves parmi les substrats métaboliques oxydés. Le 15ème jour de jeûne, le rapport chute à nouveau, les réserves lipidiques s'amenuisent, et ce sont une fois de plus les protéines qui prennent le relais. Au 34ème jour, le rapport O/N atteint un nouveau plateau, ce qui tendrait à prouver l'utilisation, par les bivalves, d'un nouveau type de substrat énergétique : les réserves glucidiques.
L'utilisation tardive des carbohydrates semble d'ailleurs en accord avec le fait que ce type de réserve est normalement affecté à la maturation des produits génitaux. Puis au 43ème jour de jeûne (13.05), le rapport O/N chute brutalement pour atteindre, à partir du 47ème jour, et jusqu'à la fin de l'expérience, des valeurs comprises entre 4 et 4,6 , indiquant ainsi que les dépenses énergétiques se font au dépends des seules protéines. La validité de ces différentes phases de plateau a été confirmée par une analyse de variance.

2. FILTRATION.

2.1 Formule utilisée et termes employés.

. Taux de pompage : c'est la quantité d'eau traversant le mollusque par unité de temps, exprimé en ml (ou l)/h/mg de poids sec sans cendre.

. Taux de filtration : c'est la quantité d'eau épurée à 100 % par le mollusque bivalve (ml/h/mg de poids sec sans cendre).

Lorsque la concentration en particules n'est pas trop forte, la quantité d'eau pompée par heure est la même que la quantité d'eau filtrée. Dans nos expérimentations, on approchera le taux de pompage en mesurant le taux de filtration, si on suppose que l'animal retient 100 % des particules. On doit donc rester en-dessous d'un certain seuil de concentration algale, et veiller à ce qu'il n'y ait pas apparition de pseudo-fecès (10^4cel/ml).
Diverses formules ont été étudiées (BOUGIS, 1974 ; WIDDOWS, 1978); nous utiliserons celle de HILDRETH et CRISP (1976). Dans un système ouvert et homogène (bien agité), le taux de filtration des mollusques peut être approché par :

$$F = \frac{DA\ (C_1 - C_2)}{C_2}$$

où C_1 = concentration en particules dans le flux entrant
C_2 = concentration dans le flux sortant
DA = flux (débit) de l'eau en l/h
ici, F est le taux de filtration en l/h mais nous le ramènerons en ml/h/mg de poids sec sans cendre.

2.2 Etude de la filtration.

Le taux de filtration mesuré en ml/h/mg de poids sec sans cendre, semble être directement lié à un stade plus ou moins poussé de jeûne (Fig.6). C'est ainsi qu'il passe de 6,8 ml/h/mg, lorsque les conditions nutritionnelles sont favorables (1.04), à 0 le 20.05, c'est-à-dire après 50 jours de jeûne. De plus, une étude ultrastructurale préliminaire des cellules branchiales montre en début d'expérience la présence de nombreuses mitochondries dans les cellules, de très nombreuses inclusions de glycogène et enfin, une synthèse de protéines importante. Au 35ème jour de jeûne, par contre, c'est la disparition complète des inclusions de glycogène, le maintien de la synthèse protéique, et une diminution considérable du nombre de mitochondries dans le cytoplasme qui sont observés. Le coût énergétique de la ventilation (ml/h) étant loin d'être négligeable, la chute du taux de filtration pourrait être expliquée par la disparition progressive au cours du jeûne des subsbstrats énergétiques (sucre, protéines, ATP), nécessaires à cette fonction.

CONCLUSION

L'ensemble des résultats obtenus nous permet d'apporter la conclusion suivante :

Le métabolisme de routine de Ruditapes decussatus repose sur l'utilisation, presque à parts égales, des protéines et des lipides ; soumise au jeûne, cette espèce a aussitôt recours à ses protéines de réserves, d'où une augmentation de l'excrétion azotée. Ces réserves étant épuisées en quelques jours, le bivalve fait alors progressivement appel à ses réserves lipidiques qui seront définitivement épuisées au 27ème jour de jeûne.
La chute du rapport O/N confirme que ce sont ensuite les protéines qui

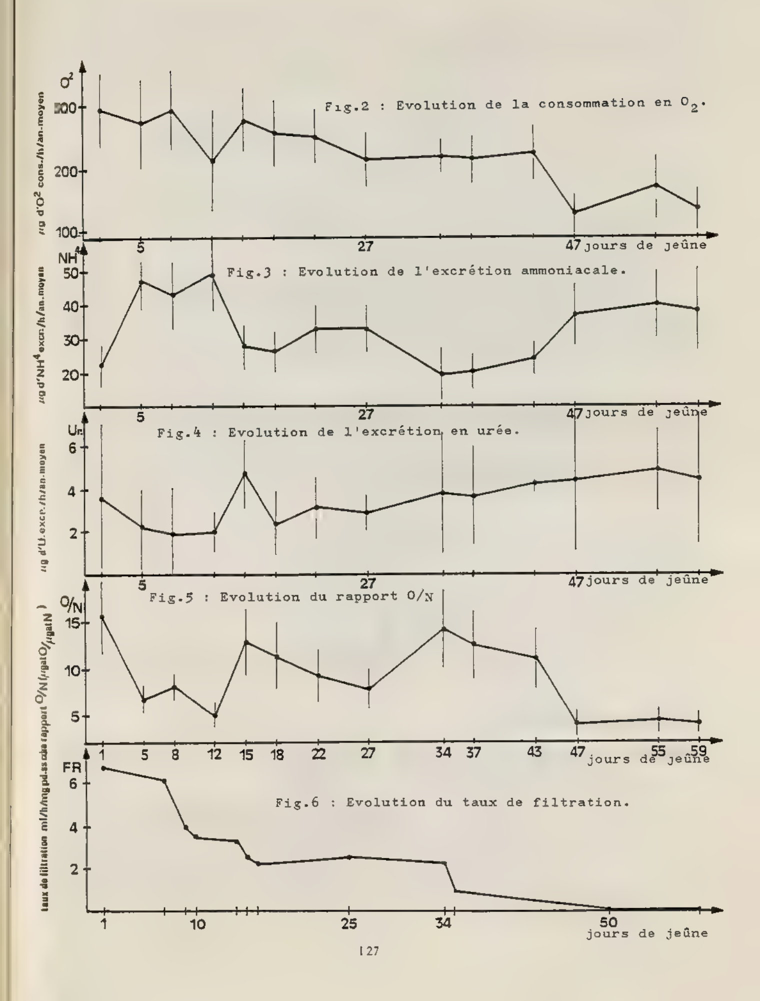


Fig.2 : Evolution de la consommation en O_2.
μg d'O^2 cons./h/an.moyen
100
200
300
5
27
47 jours de jeûne
Fig.3 : Evolution de l'excrétion ammoniacale.
μg d'NH^4 excr./h/an.moyen
20
30
40
50
5
27
47 jours de jeûne
Fig.4 : Evolution de l'excrétion en urée.
μg d'U.excr./h/an.moyen
2
4
6
5
27
47 jours de jeûne
Fig.5 : Evolution du rapport O/N
rapport O/N (μgat O/μgat N)
5
10
15
1 5 8 12 15 18 22 27 34 37 43 47 55 59
jours de jeûne
FR
taux de filtration ml/h/mg pds sec
2
4
6
Fig.6 : Evolution du taux de filtration.
1 10 25 34 50
jours de jeûne

prennent le relais une fois de plus, faisant ainsi la jonction avec l'utilisation au 34ème jour de jeûne d'un nouveau type de substrat métabolique : les glucides. Enfin, au bout de 47 jours de jeûne, les divers types de réserves étant épuisés, les protéines corporelles constituent la seule source d'énergie disponible et l'excrétion ammoniacale est 1,7 fois plus importante que lors du métabolisme de routine.

Le recours aux protéines corporelles pose un problème. Les autres réserves protéiques, lipidiques et glucidiques étant épuisées en un mois et demi environ, on peut cependant difficilement envisager que ce soient des protéines de réserves qui maintiennent le niveau métabolique aussi longtemps. Il devient alors évident que les seules protéines de réserves (glandes digestives, muscles, hémolymphe) étant insuffisantes, les protéines de structure ont été catabolisées à des fins énergétiques.

Ainsi, le métabolisme énergétique de Ruditapes decussatus basé sur l'utilisation des protéines et des lipides, lorsque les conditions nutritionnelles sont favorables, et des glucides après plus de 30 jours, n'est plus basé que sur l'utilisation stricte des protéines à la suite de deux mois de jeûne. Ceci montre en fait, que pour une espèce donnée, les réponses physiologiques au jeûne dépendent, non seulement du type de métabolisme de l'espèce (métabolisme orienté sur l'utilisation préférentielle de protéines, lipides ou glucides), mais aussi de la nature de ses réserves corporelles, donc de son récent passé nutritionnel.

En ce qui concerne la filtration, on note une diminution de 85,3 % au 35ème jour de jeûne, alors qu'aucune lyse n'est observée à ce stade, au niveau des cellules branchiales. Il semblerait donc qu'il y ait une hiérarchisation des fonctions chez Ruditapes decussatus, la filtration ayant lieu seulement lorsque la quantité d'énergie nécessaire à la ventilation est inférieure ou égale à la quantité totale d'énergie disponible par le bivalve, moins la quantité d'énergie nécessaire à la respiration :

Q d'E.FR   Q d'E. tot. - Q d'E.R.

Dans le cadre d'un jeûne prolongé, il apparaît logique que la fonction de filtration tend à diminuer fortement, cela afin de maintenir le niveau métabolique plus longtemps.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSELL A.D., 1973. Changes in oxygen consumption, heart rate and ventilation accompagnying starvation in the decapode crustacean Cancer pagurus. Neth. J. sea Res., 7 : 455-475.

BADOR R., 1981. Mise au point d'un dispositif expérimental destiné aux mesures physiologiques chez les mollusques bivalves. Diplôme d'agronomie approfondie. E.N.S.A. Rennes : 26 pp.

BAYNE B.L., WIDDOWS J. and NEWELL R.I.E., 1977. Physiological measurements on estuarine bivalve Molluscs in the
In : Biology of benthic organisms (ed. B.F. KEEGAN, CEIDIGH and P.J.S. BOADEN).

BOUGIS P., 1974. Ecologie du plancton marin. II. Le zooplancton. Masson 1 Cie, Ed. : 200 pp.

CHINNAYYA B., 1974. Oxygen consumption of Caridina waberi (Decapoda, Atyidae) in relation to temperature, starvation and size. Broteria, 43 : 150-164.

CONOVER R.J. et CORNER E.D.S., 1968. Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 48 : 49-75.

CREACH Y., NOPOLY L., SERFATY A., 1969. Variations de l'activité protéolytique des tissus de la carpe commune pendant un jeûne prolongé. Arch. Sc. Physiol., 23 : 351-364.

CREACH Y., 1972. Le jeûne expérimental chez la carpe : métabolisme azoté et équilibre hydrominéral. Thèse Doct. Etat, TOULOUSE.

GABBOTT P.A. et BAYNE B.L., 1973. Biochemical effects of temperature and nutritive stress on Mytilus edulis L. Journal of the marine biological association of the United Kingdom, 53 : 269-86.

GABBOTT P.A., 1975. Storage cycles in marine bivalve molluscs, a hypotesis concerning the relationship between glygogen metabolism and gametogenesis. In : Procedings of the ninth European marine biology symposium (ed. H. BARNES), pp. 191-211. Aberdeen University Press, ABERDEEN.

HILDRETH D.I., CRISP D.J., 1976. A corrected formula for calculation of filtration rate of bivalve molluscs, in a experimental flowing system. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 56 : 111-120.

KOTAIAH K., RAJABAI B.S., 1975. Starvation stress on metabolism of the tropical fresh water Paratelphusa hydrodomus H. with reference to size, sex and sudden changes of temperature. Ind. J. Exp. Biol., 13 : 180-184.

MAITRE-ALLAIN T., 1982. Suivi d'un ensemencement de palourdes dans l'étang de Thau (Hérault). Comité local des pêches maritimes de Sète.

MAYZAUD P., 1976. Respiration and nitrogen excretion of zooplankton IV. The influence of starvation on the metabolism and the biochemical composition of some species. Mar. Biol., 37 : 47-58.

MENGUS B., 1978. Rôle des bactéries dans l'alimentation de larves de mollusques et bivalves marins en élevages expérimentaux. Thèse de 3ème cycle, Univ. AIX-MARSEILLE II : 156 pp.

MERONA B., 1976. Effets d'un jeûne expérimental prolongé sur quelques caractères biométriques et sur l'absorption intestinale du glycocolle chez trois espèces de poissons. Thèse de 3ème cycle LYON.

NEEDHAM A.E., 1957. Factors affecting nitrogen excretion in Carcinides maenas (Pennant). Physiol. comp. Oecol., 4 : 209-239.

NOAILLAC J., 1974. Cytophysiologie de l'intestin de la carpe commune Cyprinus carpis L. Modifications au cours du jeûne expérimental prolongé. Thèse de 3ème cycle, TOULOUSE.

REGNAULT M., 1981. L'excrétion azotée chez les crustacés et les facteurs l'influençant. Océanis, Vol. 7,7 : 769-786.

WALLACE J.C., 1973. Feeding, starvation and metabolic rate in the shore crab _Carcinus maenas_. _Mar. Biol._, 20 : 277-281.

ZWANN (de) A., T.C.M. WIJEMAN, 1976. Anaerobic metabolism in bivalvia (Molluscs). _Comp. Biochem. Physiol._, 54 B : 313-324.

HALIOTIS, 14, 1984
p. 131 à 141

IMPACT DES METAUX LOURDS SUR DES FILIERES A MOULES EXPERIMENTALES DE PLEINE EAU DANS LE PARC NATIONAL DE PORT CROS (VAR FRANCE)

PAR
F. GENDRON+, N. VICENTE+ ET Ph ROBERT++

+ Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme
Laboratoire de Biologie Marine
Rue Henri Poincaré - 13397 Marseille Cédex 13

++ Parc National de Port-Cros - 83400 Hyères

RESUMEN : EFECTOS DE LOS METALES PESADOS SOBRE EL CULTIVO EXPERIMENTAL DE MEJILLONES EN MAR ABIERTO EN EL PARQUE NACIONAL DE PORT-CROS (VAR-FRANCIA).

Jovenes mejillones (*Mytilus galloprovincialis* Lk) en provenencia de Sète, hán sido implantados a la Primavera de 1982 en varios puntos alrededor de la Isla de Port Cros. El objetivo es la obtencíon de datos sobre el crecimiento y la evolucíon de los mejillones en el sitio del Parque Nacíonal y de las Islas de Hyeres en vista de una explotacíon comercial por los profesionales de la costa. Tres cuerdas han sido implantadas en puntos diferentes cúyas caracteristicas són su posicíon geografica tambien como la corriente del sector marino.

Para una mejor seleccíon des las estaciones, el estudio de la contaminacíon por los micropoluantes como los metales pesados há sido seguido. Los analisis concernán las varias clases de tamaño de los mejillones situados en las tres estaciones. Los graficos muestran que las dosis de metales pesados (Cd, Pb, Cu, Ni, Zn) desminúen de las pequeñas clases hacía las grandes.

Por otra parte algunos sectores de la isla muy visitados por la placencia y los clubs submarinos muestran una aúmentacíon muy clara de la polucíon por elementos tales como el plomo o el cadmium al final del verano. Eso se traduce por concentraciones elevadas en los mejillones.

RESUME

De jeunes moules (*Mytilus galloprovincialis* Lk) en provenance de Sète ont été implantées au Printemps 1982 en divers points autour de l'Ile de Port-Cros. L'objectif final est l'obtention de données sur la croissance et l'évolution des moules dans le secteur du Parc National et des Iles d'Hyères en vue d'une exploitation commerciale ultérieure par les professionnels du littoral. Trois filières verticales ont ainsi été installées en des points différents caractérisés par leur position géographique et la courantologie du secteur.

Afin de permettre un meilleur choix des stations, l'étude de la contamination par les micropolluants comme les métaux lourds a été entreprise. Les analyses concernent les diverses classes de tailles de moules situées dans les trois stations. Il découle de l'ensemble des courbes que la teneur en métaux lourds (Cd, Pb, Cu, Ni, Zn) décroît des petites classes de taille vers les grandes.

D'autres part certains secteurs de l'île très fréquentés par la plaisance et les clubs de plongée sous-marine montrent une augmentation très nette de la pollution par des éléments comme le plomb et le cadmium en fin de période estivale. Cela se traduit par des concentrations importantes dans les moules.

Mots clés : Filières à moules - Métaux lourds - Port-Cros (France).

INTRODUCTION

La conchyliculture de pleine eau est peu développée sur le littoral Provence-Côte d'Azur, contrairement au littoral Languedoc-Roussillon où certaines opérations avec les professionnels sont lancées.

A titre expérimental, de jeunes moules (*Mytilus galloprovincialis*

Lk) en provenance de la partie battue des jetées du port de Sète, ont été implantées au Printemps 1982 en divers points autour de l'île de Port-Cros. L'objectif final est l'obtention de données sur la croissance et l'évolution de moules dans le secteur du Parc National de Port-Cros et des îles d'Hyères en vue d'une exploitation commerciale ultérieure par les professionnels du littoral.

L'étude de la contamination par les métaux lourds (Pb - Cd - Cu - Ni - Zn) a d'abord été entreprise afin de surveiller la qualité des moules. En effet, la moule est un très bon indicateur biologique de pollution, d'ailleurs reconnu au niveau mondial par le programme du Mussel Watch (Goldbert, 1975, 1978). De plus, la moule est sensible à d'autres polluants comme les produits de synthèse tels les composés organochlorés (Escoubet et al, 1970 ; Hax Niencheski, 1982) et d'autres matières organiques provenant des rejets en mer sur le littoral méditerranéen. Ces produits ont une incidence sur le développement du naissain et au voisinage des zones d'intenses activités maritimes (chantiers navals, arsenaux) ce naissain disparaît. Il est donc indispensable d'effectuer une surveillance très précise des zones potentielles de développement les moins affectées par ces polluants.

I - METHODES ET TECHNIQUES

1. <u>Installation du naissain</u>

Le matériel a été fourni par la Station de Biologie Marine de Sète (Université des Sciences et Techniques du Languedoc).

Les jeunes moules mesurant de 20 à 30 mm, pour un poids global de 120 ± 10 g pour 100 moules, ont été placées le 28 avril 1982 par paquet dans des pochons de filet tubulaire. Ces pochons ont été déposés pendant 48 heures à l'horizontale sur le fond dans la baie de Port-Cros, ce qui a permis une première fixation des moules aux filets.

Montée sur une corde de nylon de 5 mm de diamètre, la colonne de moules est ensuite fixée au fond, à un corps mort en béton, et maintenue à la verticale par trois ou quatre bouées situées à la profondeur de 3 à 6 mètres, et visibles depuis la surface.

2. <u>Choix des stations</u>

Trois emplacements sont choisis en fonction de l'orientation des vents et des courants et en fonction des facilités de suivi régulier (cf. Fig. 1).

2.1 Station du champ de *Pinna* (Baie de la Palud) Station 1.

Station qui intègre diverses études scientifiques :

- Corps mort : - 37 m
- Filière de - 30 à - 20 m
- Bouées situées à - 6 et - 4 m
- Caractéristiques météorologiques et physiques : exposée aux vents d'Est, abri relatif du Mistral. Accès facile. Fond de sable coquillier et matte morte de l'herbier.

2.2 Passe Sud de Bagaud à Port-Cros Station 2.

- Corps mort à - 21 m en limite d'herbier sur chenal de sable
- Filière de - 18 à - 9 m
- Bouées à - 6 m

L'emplacement est exposé à de forts vents d'Ouest et Nord Ouest ainsi qu'à un fort courant de Nord Est - Sud Ouest et est caractérisé par un fond de sable grossier et un herbier de Posidonies.

2.3 Sud de l'îlot de la Gabinière entre le sec de la Gabinière et le rocher Station 3.

- Corps mort : - 23 m
- Filière de - 18 à - 9 m
- Bouées à - 6 m
- Caractéristiques du milieu : eaux théoriquement pures, forte influence des vents d'Est et du Mistral.
  Fond : tombants coralligènes et sable détritique côtier.

3. Prélèvements pour analyses

3.1 Un échantillon de moules à leur arrivée de Sète a été congelé et constitue le lot témoin.

3.2 Prélèvement à la Gabinière - Août 1982

Durant le mois d'Août, cette moulière a été détruite, les pochons ayant été systématiquement coupés, les moules et les bouées enlevées. Il faut préciser que ce secteur est très fréquenté par les plongeurs, les plaisanciers et les pêcheurs. Les quelques moules restant encore en place ont été recueillies pour analyses.

3.3 Prélèvements du 14 septembre 1982

- Passe sud : 100 moules prélevées au hasard tout le long de la filière pèsent au total 460 g, soit quatre fois leur poids initial à l'installation.
- La Palud : 100 moules prélevées de manière identique pèsent au total 220 g, soit le double de leur poids initial à l'installation.
  Le sîte de la Passe Sud semble donc plus favorable au grossissement

3.4 Prélèvement de la Palud : 18 Mars 1983

100 moules prélevées pèsent 770 g $\pm$ 10 g. On constate un développement important d'organismes fixés (ascidies, oursins ...). De nombreuses jeunes moules sont en cours de croissance à l'extérieur des pochons, dans les espaces laissés libres par les plus grosses.

Remarques : Des mesures effectuées au mois de Décembre 1982 ont montré la disparition de la filière de la passe Sud de Bagaud, disparition due vraisemblablement à un courant très fort entraînant la disparition presque totale des moules dans la partie inférieure de la moulière. Il ne restait en place que quelques moules de taille assez importante (65 mm) dans la partie supérieure (- 15 m) trop peu nombreuses pour être prélevées.

4. Méthode analytique

Les moules prélevées sont placées au congélateur à - 18°C. Regroupées par classe de taille et débarrassées de leur coquille, elles sont lyophilisées. L'analyse porte sur la totalité de l'organisme. Elle est réalisée par spectrophotométrie d'absorption atomique (Spectrophotomètre IL 251).

Un poids de 0,5 g de matière biologique lyophilisée est traité par l'addition de trois gouttes d'une solution de chlorure de sodium (30 g/100 ml) et ensuite minéralisé à l'aide d'un mélange d'acide perchlorique et d'acide nitrique concentré (10 / 2). L'attaque est poursuivie pendant une nuit dans un bain-marie à 70°C. Trois gouttes d'une solution de chlorure d'hydroxylamnonium (50 g/100 ml) sont ajoutées, puis l'échantillon est porté à 50 ml avec de l'eau bidistillée déminéralisée (Johansson, 1975).

RESULTATS

Ceux-ci portent uniquement sur les concentrations en métaux dans l'organisme des animaux par classe de taille. Dans cette étude, nous n'avons pas tenu compte de la croissance qui fera l'objet d'une étude à plus long terme.

1. Etude des diverses classes de taille

Les moules ont été regroupées en quatre classes de taille : 20-25 mm, 25-30 mm, 30-35 mm et 35-40 mm lors de l'implantation en Mai 1982. Puis se sont ajoutées les classes 40-45 mm et 45-50 mm en Septembre 1982 et enfin 50-55 mm et 55-60 mm en Mars 1983.

Les résultats sont portés sur les graphiques 2 à 6. Ils montrent que les jeunes moules de 20 à 30 mm de longueur présentent, le plus souvent, les plus fortes teneurs en métaux lourds :

- dans l'apport initial en moules où le pourcentage de jeunes moules est supérieur aux autres classes (45 %)
- au niveau des stations les plus contaminées où les jeunes moules accumulent plus fortement les polluants que les moules adultes. Ce phénomène étant lié à la croissance et à un taux de filtration plus élevé (Chappuis et Lubet, 1974).

Pour le premier prélèvement (Sète, fin Avril 1982), il est à noter de plus fortes teneurs dans les petites tailles pour l'ensemble des métaux lourds. Les légères variations observées pour les autres tailles résultent probablement d'activités respiratoires et métaboliques différentes, selon l'âge et le stade biologique des individus.

Pour les stations de la passe Sud (prélèvement de Septembre) et de la Palud (Septembre 82 et Mars 83), les données sont assez homogènes pour les diverses classes de taille.

Par contre, les variations observées à la station de la Gabinière (la plus au large), traduisent une contamination plus marquée. Ce sont les plus jeunes moules qui paraissent également les plus atteintes, en particulier par le plomb et le cuivre (tailles de 20-25 mm et 25-30 mm de longueur).

Les concentrations en zinc sont paradoxalement inférieures à celles rencontrées dans les moules des autres stations. Il peut s'agir ici d'une part de l'éloignement du substrat cristallophyllien, mais aussi de l'assimilation de l'oligoélément qu'est le zinc perturbée par l'action des autres métaux et notamment en ce secteur par le plomb et le cuivre bien que ce dernier soit également un oligoélément.

2. Concentrations moyennes des divers éléments sur l'ensemble du prélèvement pour chaque station (tableau I et Fig. 7)

2.1. Cadmium

Dans tout le secteur étudié, il semble y avoir un problème avec cet élément. Les valeurs pour l'ensemble des stations sont très élevées. Elles sont supérieures aux données du RNO pour les moules de la rade de Toulon (0,99 p.p.m le 24.12.80, 1,64 p.p.m en juillet 81).

Comparés également à la campagne effectuée sur le littoral méditerranéen de Sète à Nice en 1980 (RNO, 1980) où l'on observe des valeurs entre 0,65 et 2,01 p.p.m, les taux de contamination en cadmium semblent très élevés et pourraient être dûs à la proximité des installations portuaires du port de Sète, accentuée par la pollution estivale propre à Port Cros.

De plus, l'échantillonnage au hasard et une accumulation plus forte au cours de la période de croissance, peuvent également intervenir sur ce résultat.

2.2. Cuivre

Les données ne présentent pas de caractères particuliers. Seule la station de la Gabinière, en Août 1982, montre une teneur plus élevée en cuivre, les autres stations ne montrant pas de contamination réelle.

2.3 Plomb

Les jeunes moules en provenance de Sète et celles qui ont séjourné dans la passe Sud et à la Palud, ne présentent pas de contamination importante. Celle que nous constatons peut être attribuée à la pollution quasi générale du littoral méditerranéen. Les données de la campagne de 1980 sur le littoral méditerranéen (RNO, 1980) se situent dans un intervalle de 2,2 à 5,6 p.p.m pour une zone très polluée comme le port de Toulon (Toulon-Nautique).

Cependant, il est à noter une contamination très importante à la station de la Gabinière durant la péeiode estivale qui est due de toute évidence à l'important trafic des bateaux de plaisance et de plongée autour de ce sîte renommé.

2.4 Nickel

Les variations en nickel observées présentent également un caractère saisonnier lié à une pollution estivale et au métabolisme accentué chez les moules avant la période de reproduction.

2.5 Zinc

Les teneurs observées suivent également les fluctuations d'une pollution saisonnière. Par ailleurs, les relevés de la campagne de 1981 font ressortir une contamination importante dans la zone de Toulon (Toulon-Nautique : 425 p.p.m et Toulon-Tour Royale : 200 p.p.m).

III - DISCUSSION

Des trois stations étudiées, il s'avère que les moules installées à la Gabinière sont les plus contaminées en Août 1982, surtout en ce qui concerne les petites classes de taille (20-30 mm), et bien qu'elles soient dans un secteur exposé aux eaux du large.

L'analyse de l'ensemble des courbes montre que la teneur en métaux lourds décroît des petites classes de taille vers les grandes avec quelques fluctua-

tions dans les classes moyennes (35-40 mm).

Les variations traduisent les différences dans les aptitudes d'accumulation des individus en fonction de leur métabolisme propre, de la période du cycle biologique, ainsi que de leur état physiologique propre.

De plus, de faibles teneurs en métaux lourds dans l'eau de mer, sont plus facilement assimilables par les organismes car elles ne provoquent pas de réaction de défense de la part de l'individu. Il est courant, ainsi,de trouver des concentrations aussi élevées dans des moules récoltées dans des sones faiblement polluées que dans des secteurs beaucoup plus contaminés.

Il ressort de cette étude :

1. que les eaux de Port-Cros subissent une pollution faible, conséquence de celle observée sur tout le littoral méditerranéen d'ailleurs (tableau II);

2. la proximité du port de Toulon et des installations militaires du Levant fortement contaminé par les métaux lourds (plomb et zinc) en particulier doit contribuer à altérer la qualité des eaux du secteur des îles d'Hyères);

3. l'existence d'une pollution estivale est très nette, notamment au niveau des zones très renommées et fréquentées comme l'îlot de la Gabinière. La destruction systématique des pochons de moules à cette station, traduit une autre forme d'atteinte du milieu marin;

4. en ce qui concerne la station de la Palud, on peut noter une certaine "récupération" au cours de l'hiver qui se traduit par une diminution générale de la teneur en métaux lourds. Les moules sont en effet des animaux manifestant des réponses très rapides aux variations des pollutions comme le montrent Fowler et Oregon (1976 - tableau III) pour les moules de la rade de Toulon :

	Cu	Pb
Juin 1973	7,6	5,0 ppm/poids sec
Mars 1974	77,4	110,0 "
Sept.1974	154,0	88,7

CONCLUSION

On ne peut conclure à la présence d'une contamination élevée des moules par les métaux lourds à Port Cros, d'après ces seuls prélèvements qui concernent une expérimentation préliminaire.

En plus de l'activité estivale intense, mais temporaire, les fluctuations de l'état physiologique des individus rendent difficile l'interprétation de ces résultats. Les analyses ne sont pas accompagnées de données physiologiques sur la filtration, l'excrétion et la reproduction, permettant d'apprécier l'état de l'échantillon. Il manque également des données sur l'eau de mer. En effet, les teneurs en métaux lourds chez les organismes sont essentiellement liées :

a/ aux modifications des paramètres physiques et chimiques du milieu (température, salinité, oxygène dissous, sels minéraux ...) et notamment la température pour un élément comme le plomb (Chabert et Vicente, 1980);

b/ aux différentes phases d'activité biologique et au comportement des moules;

c/ également à la présence d'autres polluants (matière organique, PCB, etc ...) qui peuvent entraîner des synergies.

L'étude sera poursuivie dans le cadre des essais de mytiliculture de pleine eau dans les eaux de Port Cros, en affinant le choix des stations grâce aux résultats préliminaires obtenus et par analyse des bancs naturels de moules existant dans le sîte qui permettra d'avoir un témoignage de la contamination présente dans ces organismes. Il est indispensable de procéder également à des prélèvements plus rapprochés dans le temps et de distinguer les teneurs dans des échantillons prélevés à des profondeurs différentes ; d'élargir la représentation des individus au plus grand nombre de classes de taille et enfin de réaliser un suivi de l'état physiologique des moules et de la qualité des eaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARNOUX A., TATOSSIAN S., MONOD J.L., BLANC A., 1980.- Etude des teneurs en métaux lourds et composés organochlorés dans les organismes marins prélevés dans le secteur de Cortiou. Vème journée Etudes Pollutions. *CIESM. Cagliari* : 471-482.

CHABERT D., VICENTE N., 1980.- Corrélation entre la concentration en plomb chez un Mollusque Gastéropode *(Monochonta turbinata* Born) et la température de l'eau de mer. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 290.

CHAPPUIS J.G., LUBET P., 1966.- Etude du débit palléal et de la filtration de l'eau par une méthode directe chez *Mytilus edulis* et *M. galloprovincialis*. *Bull. Soc. Linnéenne Normandie*, 7 : 210-216.

ESCOUBET P., MONOD J.L., VICENTE N., 1976.- Concentrations en pesticides (PCB et résidus de DDT) dans l'eau et dans les Mollusques de la zone des Embiez. *Haliotis*, 7 : 141-143.

FOXLER S.W., OREGLONI P., 1976.- Traces métals in mussels from the N.W. Mediterranean. *Mar. Poll. Bull.*, 7, 2 : 26-29.

GOLDBERG E.D., 1975.- The Mussel watch. A first step in global marine monotiring. *Mar. Poll. Bull.*, 6, 7 : 111-112.

GOLDBERG E.D. *et al*, 1978.- The Mussel watch. *Environmental Conservation*, 5, 2 : 101-126.

HAX NIENCHESKI L.F., 1982.- Utilisation de *Mytilus galloprovincialis* comme indicateur de pollution du littoral méditerranéen français par les composés organochlorés et les métaux lourds. Thèse 3ème cycle. Pharmacie. Université d'Aix-Marseille II.

JOHANSSON, 1975.- Digestion methods for the determination of the total content of heavy metals. Dans : Manual of methods in aquatic environment research. *F.A.O. Fisheries technical paper*, 137 : 1-238.

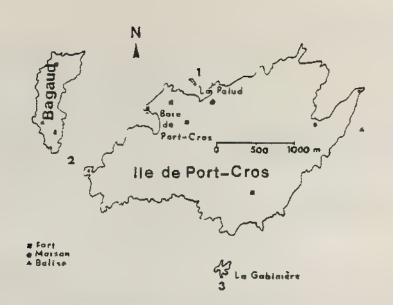


Fig. 1 - Position des trois stations d'étude.

Tableau I - Concentration des divers éléments dans l'ensemble des prélèvements.

LIEUX	Cd	Cu	Pb	Ni	Zn
28 avril 1982					
Prélèvement initial	7,07	6,04	3,71	24,9	131,5
Août 1982					
La Gabinière	11,7	19,5	47,36	45,01	96,86
14 septembre 82					
Passe Sud	10,4	5,75	3,38	32,01	174,2
La Palud	9,63	4,3	3,31	50,95	200
18 mars 1983					
La Palud	5,09	9,52	4,68	10,57	112,10

LIEUX	Zinc	Cuivre	Cadmium	Plomb
Sète Plage	131	8,8	2,01	4,4
Sète Corniche	130	5,5	0,90	2,2
Palavas	135	17,3	1,4	5,6
Ste Marie	120	5,8	1,01	2,8
Carry	143	8	1,07	4,5
Cortiou (Marseille)	248	10,7	0,71	10,7
Frioul	110	5,7	0,65	2,5
Toulon-Nautique	425	32,7	1,65	28,5
Toulon-Tour Royale	200	15,0	0,65	8,8
Nice	190	8,0	1,32	8,3

Tableau II- Campagne sur le littoral méditerranéen en 1981 (d'après HAX NIENCHESKI, 1982). Les valeurs sont exprimées en mg/kg de matière sèche de moule.

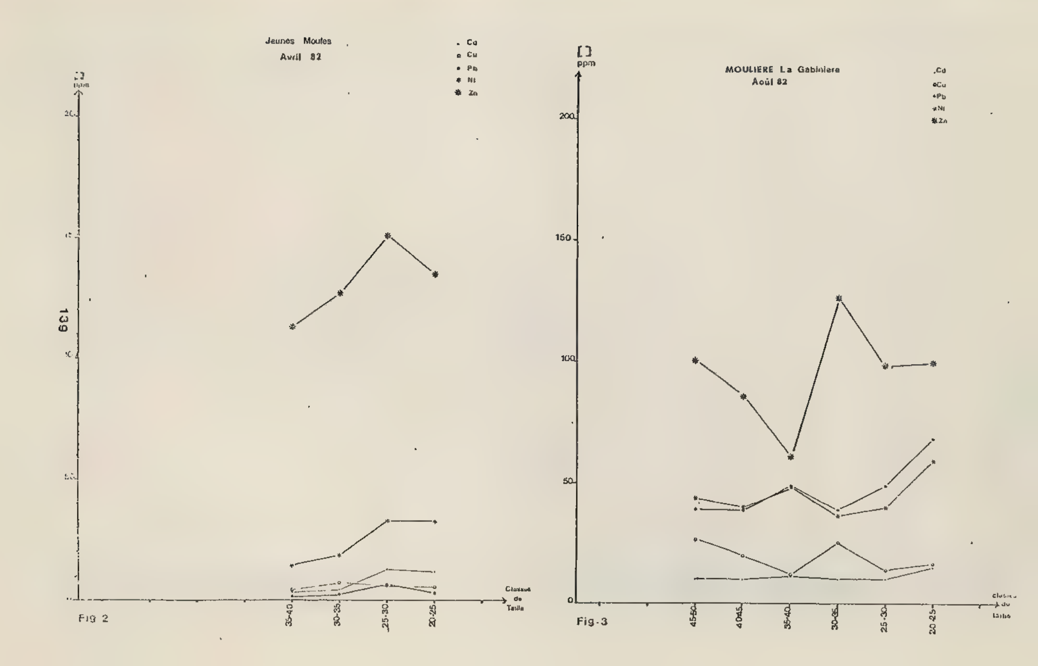
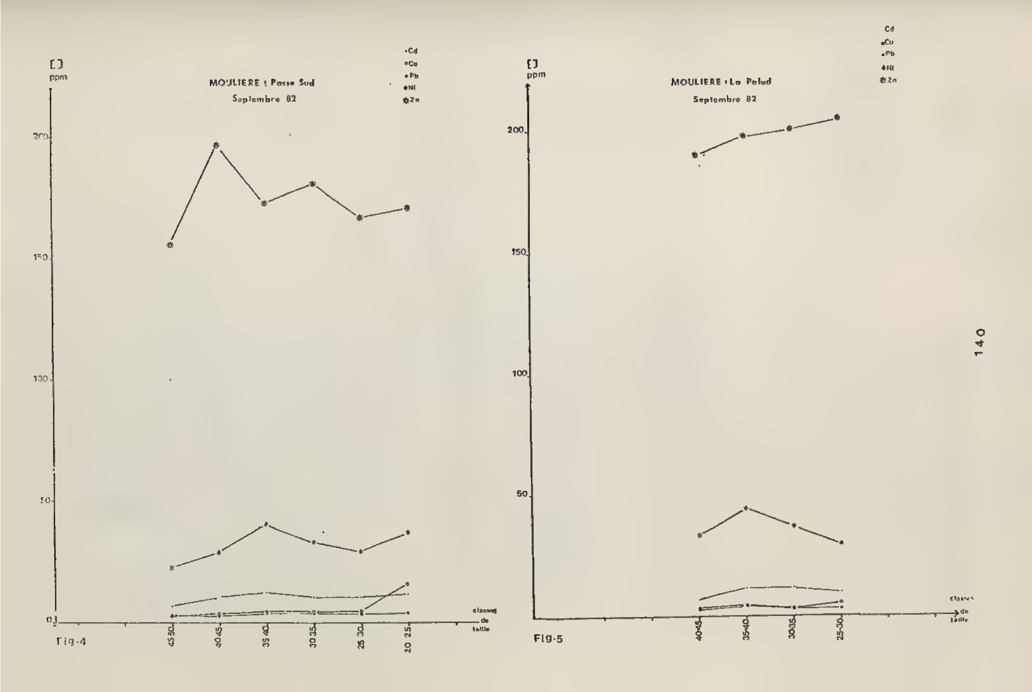
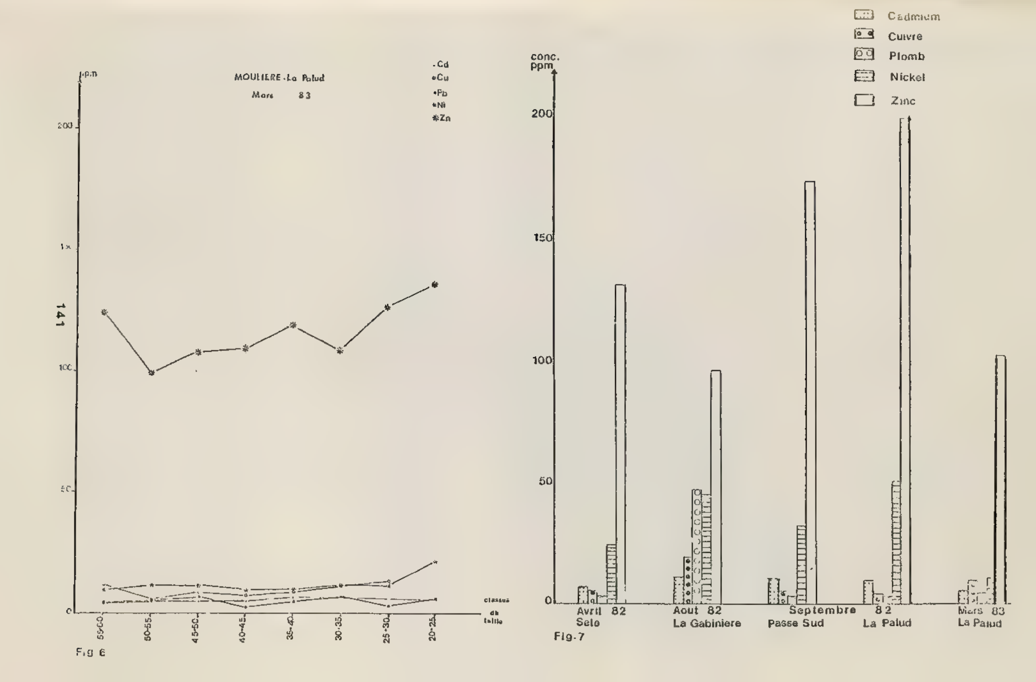

Jeunes Moules
Avril 82
Cd
Cu
Pb
Ni
Zn
[ ]
ppm
200
Classes
de
Taille
35-40
30-35
25-30
20-25
[ ]
ppm
MOULIERE La Gabiniere
Août 82
Cd
Cu
Pb
Ni
Zn
200
150
100
50
0
45-50
40-45
35-40
30-35
25-30
20-25

Fig 2

Fig-3


[ ]
ppm
MOULIERE : Passe Sud
Septembre 82
Cd
Cu
Pb
Ni
Zn
300
150
100
50
0
45 50
40 45
35 40
30 35
25 30
20 25
classes
de
taille
Fig-4
[ ]
ppm
MOULIERE : La Palud
Septembre 82
Cd
Cu
Pb
Ni
Zn
200
150
100
50
40-45
35-40
30-35
25-30
classes
de
taille
Fig-5



MOULIERE - La Palud
Mars 83
p.p.m
· Cd
∘ Cu
· Pb
* Ni
✻ Zn
200
100
50
0
classes de taille
55-60
50-55
45-50
40-45
35-40
30-35
25-30
20-25
conc. ppm
Cadmium
Cuivre
Plomb
Nickel
Zinc
200
150
100
50
0
Avril 82
Sete
Aout 82
La Gabiniere
Septembre 82
Passe Sud
La Palud
Mars 83
La Palud

Fig 6

Fig-7

HALIOTIS, 14, 1984
p. 143 à 158

DEVELOPPEMENT CONTROLE DES BIVALVES MARINS

par

Albert LUCAS

Laboratoire de Zoologie - Faculté des Sciences - 29283 BREST Cedex

RESUME :

Le contrôle de tout développement porte à la fois sur le milieu d'élevage et sur les organismes élevés. Dans la présente mise au point, on insiste particulièrement sur les conditions requises pour obtenir les meilleurs résultats au cours de 3 stades de développement qui peuvent être considérés comme "critiques" : périzygotique, larvaire, postlarvaire.

Pour le stade périzygotique (méiose ovocytaire, fécondation, premières divisions), une notion préalable est prise en compte et désignée ici par le terme compétence, qui signifie l'aptitude d'un gamète à la fécondation. On définit ensuite les conditions permettant une bonne méiose-fécondation à la lumière des récentes analyses cytologiques et biochimiques de ce phénomène. Les causes d'anormalités (polyploïdie, aneuploïdie, polyspermie) sont examinées. On insiste en particulier sur les taux de spermatozoïdes dans les fécondations induites, notion-clé pour les espèces de Bivalves où le blocage contre la polyspermie est incomplet. L'usage de la cytochalasine B pour l'obtention d'individus triploïdes est aussi examiné.

Pour le stade larvaire, un contrôle bactérien quantitatif et une recherche particulière des bactéries du genre *Vibrio* (cause de mortalités spécifiques) est conseillé, tant pour le milieu d'élevage que pour la nourriture, avant son utilisation. A côté de cette intervention qui nécessite des moyens relativement lourds, deux autres contrôles sont proposés sur la base de techniques rapides : d'une part le contrôle de l'ingestion et de la digestion de la nourriture phytoplanctonique par les larves au moyen de l'observation au microscope à épifluorescence, d'autre part l'évaluation des réserves lipidiques dans les larves par la méthode colorimétrique. En effet, une larve n'est compétente (apte à la métamorphose) que si elle contient un certain taux de lipides.

Le stade postlarvaire correspond d'une part au passage de la vie pélagique à la vie benthique et comporte d'autre part une métamorphose suivie pendant deux semaines environ de transformations morphologiques plus lentes qui permettent à la postlarve d'acquérir peu à peu la morphologie imaginale. Le déclenchement de la métamorphose peut être provoqué par certaines substances biochimiques introduites à faible dose dans le milieu : le gaba et ses substituts, l'acetazolamide, la cyclohexadienone. D'autre part, la présence de souches bactériennes spécifiques dont certaines productrices de mélanine, augmente le taux des métamorphoses. Ainsi se précise le contrôle biochimique de la métamorphose.

INTRODUCTION :

Comme dans toute étude d'écophysiologie, le contrôle d'un élevage s'exerce à la fois sur le milieu et sur la physiologie de l'organisme considéré. Dans la présente étude, on insistera sur le second aspect parce qu'il a été jusqu'ici négligé, par suite d'une intense recherche (souvent empirique) sur les conditions adéquates du milieu d'élevage. D'autre part, on ne s'étendra ni sur les erreurs technologiques, ni sur les perturbations néfastes que peut subir le milieu d'élevage (pollution par exemple), car ces problèmes ne se posent désormais plus dans la plupart des écloseries industrielles ou expérimentales.

Au cours de son développement, un Bivalve subit de profondes transformations de structure et conséquemment de physiologie, ce qui conduit à distinguer les six stades suivants périzygotique, embryonnaire, larvaire, postlarvaire, juvénile et adulte. Ces stades peuvent

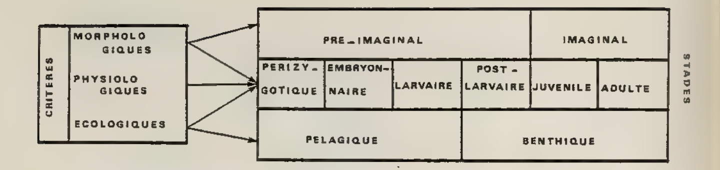


Fig. 1 - Les stades de développement des Bivalves et leurs regroupements en fonction des critères retenus.

être regroupés de différentes façons (Fig. 1). Si l'on se base sur le mode de vie, les trois premiers stades, qui sont pélagiques, s'opposent aux trois autres, qui sont benthiques. Mais une autre distinction peut être faite en se basant sur la morphologie de l'organisme aux différents stades de développement. Dans ce cas, le stade postlarvaire se sépare des deux suivants par le fait qu'il n'a pas encore acquis la structure définitive de l'espèce considérée. En fait, les stades juvénile et adulte représentent l'imago (et ces deux stades constituent donc la phase imaginale), tandis que les stades antérieurs, y compris le postlarvaire, constituent la phase pré-imaginale. Cette notion d'imago, bien connue chez les Arthropodes, mais jusqu'ici ignorée chez les Mollusques, trouvera sa justification dans la suite de l'exposé.

Le développement d'un Mollusque Bivalve dans le milieu naturel, quelles que soient les conditions du milieu et l'espèce considérée, est caractérisé par une mortalité beaucoup plus élevée durant la phase pré-imaginale que durant la phase imaginale. Par exemple, chez l'huître *Crassostrea gigas*, pour 10 millions d'oeufs émis, il subsiste environ 10 adultes reproducteurs, ce qui correspond à une survie de 10^{-6}. Mais cette survie, n'est déjà que de l'ordre de 10^{-5} à la fin de la phase pré-imaginale, qui ne dure pourtant qu'environ 40 jours, soit 10 fois moins que le temps nécessaire pour que l'adulte se reproduise une première fois. Cette mortalité massive au début du développement révèle la fragilité des Bivalves aux stades pré-imaginaux.

La réalisation d'élevages complets chez les Bivalves a permis de mieux préciser cette notion. On a constaté que les mortalités élevées se limitaient aux 3 stades suivants : périzygotique, larvaire, postlarvaire. Ces stades peuvent être qualifiés de "critiques" en raison des deux caractéristiques suivantes : d'une part la mortalité normale y est toujours plus élevée qu'aux autres stades, d'autre part la fréquence des mortalités massives affectant subitement l'élevage y est aussi plus élevée. Il faut préciser que ces mortalités massives apparaissent alors que les conditions du milieu sont considérées comme adéquates et qu'aucune épizootie ne peut être mise en cause. D'où l'idée qu'à ces stades de développement l'organisme est dans un état de physiologie précaire, ce qui le rend particulièrement vulnérable. Il va de soi qu'un contrôle du développement doit surtout s'exercer sur ces stades "critiques". C'est pourquoi la présente étude se limitera au contrôle des stades périzygotique, larvaire et postlarvaire.

I. LE STADE PERIZYGOTIQUE

A. Définition

Dans la mesure où la méïose du gamète femelle et la pénétration du spermatozoïde peuvent être des phénomènes simultanés d'une part et que les premières divisions de segmentation suivent immédiatement l'amphimixie d'autre part, il est difficile d'isoler la fécondation de cet ensemble de phénomènes dont la durée est très courte, puisqu'elle dure généralement moins de deux heures. C'est pourquoi, LUCAS (1980) a proposé le terme de périzygotique pour désigner la période qui va de la méïose ovocytaire (qui est débloquée lors de la pénétration du spermatozoïde) au stade de la segmentation comportant 8 blastomères.

B. Compétence des gamètes

Pour résoudre les problèmes qui se posent au stade périzygotique, il est indispensable de savoir si les gamètes, après leur émission, mais avant leur union, présentent les caractéristiques structurales et physiologiques qui leur permettront d'être aptes à la fécondation.

Pour désigner cette aptitude à une fonction (ici la fécondation) nous proposons le terme compétence, comme cela a déjà été fait pour les larves aptes à la métamorphose, qui sont appelées larves compétentes (*competent larvae*, CHIA et RICE, 1978).

1. Compétence des ovocytes

Chez les Bivalves, ce sont des ovocytes préméïotiques qui sont émis, soit au stade de la vésicule germinale (GVS) par exemple chez *Barnea candida* (DUBE et al., 1982) et chez *Spisula* (DUFRESNE-DUBE et al., 1983), soit bloqués à la métaphase I de la méïose, par exemple chez *Crassostrea virginica* (LONGWELL et STILES, 1968) et *Mytilus edulis* (DUFRESNE-DUBE et al., 1983). Leur "maturité" caryologique (en anglais "maturation") sera déclenchée par la pénétration du spermatozoïde. Cependant, les ovocytes émis n'ont pas tous les mêmes capacités de fécondation et celles-ci dépendraient de l'état du cytoplasme. On parle de "surmaturité" et de "non-maturité" sans pouvoir préciser ces notions par des critères précis. Des études d'ultrastructure et d'enzymologie seraient très utiles pour combler cette lacune.

2. Compétence des spermatozoïdes

Pour les spermatozoïdes, le critère de compétence est l'activité, plus précisément leur vitesse de déplacement. Il est nécessaire que le sperme soit dilué pour qu'il devienne mobile. Selon GINSBURG (1974, 1975), qui a étudié *Crassostrea gigas, Spisula sachalinensis* et *Mactra sulcataria*, la vitesse de nage des spermatozoïdes diminue au-dessus d'une concentration de 10^7 spermatozoïdes/ml.

Cependant, le sperme dilué résultant d'une émission dans l'eau de mer perd de son activité après une heure ou deux, quand il est conservé à la température ambiante (entre 15°C et 20°C). Or, très souvent, dans les conditions de travail dans les écloseries, le sperme délivré reste un certain temps avant d'être utilisé : il n'est pas certain qu'il soit en excellent état lors de la fécondation. Deux règles pratiques permettraient d'éviter cet inconvénient : soit conserver le sperme dilué au réfrigérateur (donc à environ 4°C) et ne pas l'utiliser au-delà de 2 heures, soit faire des dilutions à partir de sperme concentré, obtenu à sec par incision de la gonade et conservé au réfrigérateur dans un récipient fermé : dans ce cas la vitalité du sperme peut se maintenir pendant 2 jours.

C. Déroulement du stade perizygotique

Les spermatozoïdes sont attirés par chimiotactisme par les ovocytes (LILLIE, 1919) Lorsque l'un d'eux a pénétré dans l'ovocyte, contrairement à l'exemple bien connu de l'Oursin (EPEL, 1978), il ne se forme pas chez les Bivalves de membrane de fécondation par exocytose des granules corticaux (PASTEELS et DE HARVEN, 1962). La pénétration d'un spermatozoïde et l'action de divers agents artificiels tel que l'addition de 11 % d'une solution isotonique de KCl dans l'eau de mer (DUBE et GUERRIER 1982a) provoque l'activation ovocytaire. Ce phénomène nécessite un flux de calcium externe, comme cela a été vérifié chez *Spisula solidissima* (GUERRIER et al., 1981) et *Barnea candida* (DUBE et GUERRIER, 1982a), contrairement au modèle bien connu des Etoiles de mer, où le calcium est d'origine intracellulaire (MOREAU et al., 1978 ; DOREE et al., 1978). Cette activation est caractérisée, chez certains Bivalves, par une libération d'acide (1,35 Pmole H^+/ovocyte) pour *Barnea candida* dans le milieu extérieur (DUBE et GUERRIER, 1982b). Ce phénomène ne résulterait pas d'un échange Ca^{++} - H^+, mais plutôt d'un échange Na^+ - H^+, comme cela a été démontré chez l'Oursin (EPEL, 1978).

Au niveau caryologique, l'activation est caractérisée par le déblocage de la méïose ovocytaire et l'émission des deux globules polaires d'une part, par la décondensation du noyau spermatique d'autre part. Ensuite a lieu la régulation, annonciatrice des divisions embryonnaires.

D. Densité gamétique et polyspermie.

La résistance des ovocytes à la polyspermie (block to polyspermy) est variable chez les ovocytes de Bivalves. Ainsi, les ovocytes de *Spisula* développent en 15 secondes un blocage total à la polyspermie (ZIOMEK et EPEL, 1975). Au contraire, *Mytilus galloprovincialis* ne développe qu'un blocage partiel, qui ne résiste pas à une forte densité de spermatozoïdes (DUFRESNE - DUBE et al., 1983). Ainsi dans les conditions naturelles les cas de polyspermie doivent être rares, par contre dans les fécondations induites, les risques de polyspermie sont élevés si l'addition de sperme est mal contrôlée. Le tableau 1, extrait de DUFRESNE-DUBE et al. (1983) donne des précisions à ce sujet.

TABLEAU 1. Induction de la polyspermie chez *Mytilus* par augmentation du rapport spermatozoïde/ovocyte à différentes concentrations spermatiques.

CONCENTRATION DU SPERME DANS LE MILIEU (SPERMATOZOIDES/ml)	NOMBRE DE SPERMATOZOIDES PAR OVOCYTE DANS LE MILIEU	NOMBRE MOYEN DE SPERMATOZOIDES PAR OVOCYTE FECONDE
$1,87 \times 10^6$	$2,06 \times 10^1$ $4,61 \times 10^1$ $2,08 \times 10^2$	1,05 1,34 1,53
$1,87 \times 10^7$	$2,05 \times 10^2$ $4,54 \times 10^2$ $2,26 \times 10^3$	2,06 3,67 19,46
$6,25 \times 10^7$	$1,03 \times 10^3$ $2,06 \times 10^3$ $1,03 \times 10^4$	3,55 6,98 50,10
$9,38 \times 10^7$	$2,06 \times 10^3$ $2,68 \times 10^3$ $4,12 \times 10^3$	3,67 13,98 21,10

On constate que la polyspermie (qui est cause d'avortement chez *Mytilus*) est provoquée par un rapport élevé du nombre de spermatozoïdes par ovocyte, mais aussi que la concentration spermatique entre en ligne de compte.

Il serait utile de faire des observations similaires sur les espèces d'écloseries, Huîtres et Palourdes, car les densités spermatiques utilisées dans la pratique, sont très proches de celles de l'expérience ci-dessus décrite.

E. Régulation chromosomique.

En 1973 STILES et LONGWELL montraient que dans les conditions d'écloseries de fécondation en masse les exceptions à la diploïdie étaient fréquentes puisque chez *Crassostrea virginica* les fécondations expérimentales fournissaient jusqu'à 30 % d'anomalies chromosomiques (polyploïdie et aneuploïdie). Ces anomalies sont fonction des conditions de la fécondation, mais dépendent aussi de facteurs génétiques notamment du taux de consanguinité, comme l'ont montré LONGWELL et STILES (1973).

Récemment, certains auteurs ont cherché à obtenir systématiquement des polyploïdes espérant obtenir des individus stériles et donc avantageux pour l'aquaculture dans la mesure où la coûteuse production de gamètes serait évitée. Le but d'abord recherché chez les Poissons (PURDOM, 1972 ; ALLEN and STANLEY, 1979) a été appliquée aux Bivalves. Ainsi, STANLEY et al. (1981) ont obtenu de bons pourcentages de diploïdes chez *Crassostrea virginica* par traitement à la cytochalasine B un quart d'heure à une demi-heure après l'union des gamètes. ALLEN et al. (1982) par les mêmes méthodes ont obtenu des résultats similaires chez *Mya arenaria*. L'intérêt de telles pratiques n'est pas évident, même si les polyploïdes ont une croissance légèrement supérieure aux témoins. En effet, la reproduction y est aussi intense que chez les diploïdes normaux, les lots obtenus sont hétérogènes puisque une partie des individus traités demeurent diploïdes et le taux de survie est plus faible lorsqu'il y a traitement (par exemple, chez *Mya arenaria*, à 3 mois la survie des témoins est de 0,54 % et celui des lots traités de 0,41 à 0,16 %).

CONCLUSION :

Pour caractériser la période périzygotique, il ne semble pas qu'il y ait un seul modèle pour les Bivalves, en effet, certaines espèces émettent des ovocytes au stade de la vésicule germinale, d'autres à la métaphase I, certaines espèces montrent une résistance totale à la polyspermie, d'autres n'ont qu'une résistance partielle, certaines espèces émettent des ions H^+ dans le milieu externe au début de la fécondation, d'autres ne le font pas. Ces constatations laissent supposer qu'il y a au moins 2 types de processus perizygotiques chez les Bivalves (comme chez les Echinodermes, on distingue le cas de l'Oursin de celui de l'Etoile de mer), mais les résultats sont encore trop fractionnaires pour établir les séquences détaillées des deux modèles présumés et pour connaître les facteurs qui les contrôlent. Cette connaissance, appliquée aux espèces cultivées, devrait permettre une amélioration des pourcentages de succès lors de la fécondation dans les écloseries. De la même façon, tout programme de manipulation sur les chromozomes devrait tenir compte de l'évolution caryologique normale de l'ovocyte et du zygote et connaître précisément les types d'anomalies et leurs causes.

II. LE STADE LARVAIRE

Pour connaître les séquences de la vie larvaire qui dure généralement 3 à 4 semaines chez les Bivalves, on pourra se reporter à la synthèse réalisée par LUCAS (1982).

Dans les élevages larvaires de Bivalves, tels qu'ils sont actuellement pratiqués, les problèmes posés sont avant tout liés à la nourriture. Or chez les Bivalves, l'embryon et la toute jeune larve ne se nourrissent pas, ils vivent sur les réserves contenues à l'origine dans l'oeuf, c'est la phase endotrophe. La phase exotrophe commence quelques heures après la formation de la larve D (ainsi nommée par suite de sa morphologie) comme l'ont montré LUCAS et RANGEL (1983) chez *Crassostrea gigas*. C'est donc la phase exotrophe larvaire qui sera examinée ici.

A. Contrôle préalable de la nourriture.

La nourriture, constituée de cultures concentrées de nannoplancton végétal vivant, apporte avec elle des sels nutritifs, des catabolites, des bactéries etc..., qui représentent des facteurs de perturbation des milieux d'élevage (PRIEUR et CARVAL, 1979). Un contrôle préalable de la nourriture est donc nécessaire.

Le contrôle portera sur la quantité de bactéries dans les cultures d'algues (PRIEUR et LE ROUX, 1975) qui peuvent devenir toxiques aux fortes concentrations bactériennes (CALABRESE et DAVIS, 1970). Il portera aussi sur la "qualité" des algues fournies. En effet, lorsqu'on emploie la méthode des blooms, c'est-à-dire que l'on fait des cultures discontinues d'algues monocellulaires, c'est juste à la fin de la phase exponentielle que les cultures doivent être utilisées, plus tard elles s'enrichissent en bactéries (PRIEUR et LE ROUX, 1975) et en substances excrétées défavorables aux larves (DAVIS et GUILLARD, 1958 ; BAYNE, 1965 ; WILSON, 1979).

B. Contrôle du milieu d'élevage.

Dans les milieux d'élevage, qui sont généralement changés tous les 2 jours, alors que la nourriture est apportée tous les jours, le contrôle de qualité est le plus souvent limité à la densité bactérienne. Lorsque celle-ci atteint 10^7 bact/ml, on constate des mortalités larvaires sans doute à cause des toxines émises (LUCAS, 1980). La nocivité des bactéries dans les élevages, connue depuis longtemps (DAVIS, 1950 ; WALNE, 1956 ; GUILLARD, 1959), a souvent incité les expérimentateurs à utiliser des antibiotiques (LE PENNEC et PRIEUR, 1977), mais dans la plupart des cas leur utilisation est inadéquate (LUCAS et PRIEUR, 1974). La propreté des récipients d'élevage et la qualité de la nourriture, évite généralement toute prolifération bactérienne excessive.

Cependant, certaines souches bactériennes, du genre *Vibrio*, même en nombre restreint, peuvent être pathogènes pour les larves (LEIBOVITZ, 1978 ; ELSTON et LEIBOVITZ, 1980). Un contrôle bactérien complet devrait donc être qualitatif pour les *Vibrio*, notamment en saison estivale.

C. Détermination de la ration alimentaire.

Dans la plupart des publications qui ont traité des besoins nutritifs des larves de Bivalves, la notion de ration alimentaire journalière est très imprécise. Elle peut représenter, soit la ration fournie, soit la ration consommée, soit la ration ingérée (LUCAS, 1983). Il s'ensuit que les chiffres avancés par les différents auteurs varient considérablement, d'autant plus que l'âge de la larve, l'espèce à laquelle elle appartient, l'espèce d'algue

utilisée, la concentration algale et la température d'élevage sont autant de facteurs influençant les résultats. Enfin, il est démontré que les larves se nourrissent aussi de bactéries (HIDU et TUBIASH, 1963 ; MARTIN et MENGUS, 1977 ; PRIEUR, 1981, 1983), de particules inertes (HIDU et UKELES, 1964 ; MASSON, 1977 ; LANGDON, 1983) et de substances dissoutes (MANAHAN, 1983 MANAHAN et CRISP, 1983). Cependant toutes ces sources de nourriture demeurent minoritaires par rapport au phytoplancton vivant, du moins dans les conditions normales.

	Auteurs	UKELES et SWEENY (1969)	LUCAS et RANGEL (1983)
	Méthodes	Radioisotope	Epifluorescence
	Température	16°C	21°C
Larves	Espèce	*Crassostrea virginica*	*Crassostrea gigas*
	Age (heure)	72	
	Taille (µm)	75	70-80
Algues	Espèces	*Monochrysis lutheri*	*Monochrysis lutheri* *Isochrysis galbana*
	Concentration (Cell/larve)		13 000
	Ingestion (Cell/larve/jour)	134	400

TABLEAU 2. Ingestion d'algues monocellulaires par des larves d'Huîtres.

Le tableau 2, qui indique le nombre de cellules algales ingérées, donne des valeurs assez semblables, compte tenu de la différence de température entre les deux expériences ; or ces valeurs sont faibles, par rapport aux chiffres publiés dans la littérature (LUCAS, 1983). Il semble donc, qu'en général, les élevages expérimentaux reçoivent une nourriture trop abondante, ce qui n'est pas sans conséquence. En effet, plusieurs auteurs (LOOSANOFF et al., 1953 ; WALNE, 1956 ; MALOUF et BREESE, 1973) ont montré qu'un excès de nourriture pouvait provoquer un ralentissement de croissance.

Cependant, en raison de la confusion qui règne à propos de la notion de ration d'une part, et du grand nombre de paramètres en jeu d'autre part, il n'est pas actuellement possible de préciser les valeurs optimales des rations alimentaires au cours de la vie larvaire.

D. Contrôle de l'ingestion et de la digestion.

Ce contrôle a pour but d'établir, si dans un élevage les larves ingèrent et digèrent la nourriture fournie.

L'usage du microscope à fluorescence permet de répondre à ces questions. En effet, BABINCHAK et UKELES (1979) et LUCAS et RANGEL (1981) ont mis au point des échelles qualitatives permettant d'apprécier ces deux phénomènes. En résumé, la fluorescence rouge dans l'estomac d'une larve témoigne d'une ingestion, le virage de cette fluorescence à l'orange puis au jaune de plus plus pâle témoigne d'une digestion. En effet, RANGEL (1983) a établi que ces variations

colorées de la fluorescence correspondaient exactement aux étapes de la digestion des algues monocellulaires, en observant l'état de celles-ci à des temps précis dans l'estomac des larves, au moyen de la microscopie électronique à transmission.

L'observation des larves au microscope à épifluorescence constitue une routine commode et très instructive. Il y a en effet dans tout élevage une certaine proportion de larves qui ne se nourrissent pas, et parfois même des élevages entiers (RANGEL, comm. pers.), malgré une activité natatoire et une morphologie normale des larves. Dans d'autres cas la larve ingère, mais ne digère pas. Cela peut dépendre de la nature des algues fournies comme l'ont démontré BABINCHAK et UKELES (1979) pour l'algue *Chlorella sp*.

Dans le milieu naturel, peu de recherches ont été effectuées sur l'ingestion et la digestion des larves de Bivalves. Cependant, une récente publication de ROBERT (1983) attire l'attention sur l'intérêt d'une telle étude. Cet auteur a constaté que les larves nées en juillet 1981 dans le bassin d'Arcachon ne se nourrissaient pas, ne grandissaient pas et finissaient par disparaître puisqu'aucune fixation n'était constatée dans le milieu naturel ; par contre, des larves de ce milieu, récoltées lorsqu'elles avaient 2 jours, transportées au laboratoire où l'algue monocellulaire *Monochrysis galbana* leur était fournie, étaient capables de se nourrir et d'avoir une croissance normale. Il semble donc bien qu'une déficience trophique était à l'origine de la disparition des larves dans le milieu naturel.

E. Contrôle de la compétence des larves.

Plusieurs auteurs ont montré qu'au cours de leur évolution les larves de Bivalves accumulaient des réserves lipidiques (notamment de lipides neutres) et que celles-ci étaient normalement utilisées au cours de la métamorphose ou accidentellement au cours de jeûnes expérimentaux (MILLAR et SCOTT, 1967 ; HOLLAND et SPENCER, 1973 ; GABBOT et HOLLAND, 1973 ; WALDOCK et NASCIMENTO, 1979). HOLLAND (1978) précise que le taux des lipides neutres par rapport à la matière organique passe de 9 % lors de l'émission larvaire chez *Ostrea edulis*, à 23 % avant la métamorphose et à 9 % juste après la métamorphose (tandis que le taux de phospholipides demeure entre 6 et 8 % pendant toute cette durée). Ainsi, la caractéristique biochimique d'une larve compétente, c.a.d. apte à la métamorphose, est sa teneur élevée en lipide neutre.

L'évaluation du taux de lipide peut se faire par analyse chimique, si l'on dispose d'au moins 10 000 larves. Cette méthode délicate, et peu pratique peut être remplacée par la méthode colorimétrique de GALLAGER et MANN (1981) qui n'est que qualitative, mais beaucoup plus rapide et ne nécessitant qu'un échantillonnage d'une centaine de larves. Selon ces auteurs la méthode colorimétrique montre précisément la chute des réserves lipidiques après un jeûne de 2 jours et aussi les perturbations dans les réserves de lipides causées par l'action des Vibrio sur les larves (ELSTON et al., 1981). Ainsi, la méthode colorimétrique des lipides représente un test de routine très utile, non seulement pour reconnaître la compétence des larves âgées, mais aussi pour vérifier l'état de santé des larves quel que soit leur âge.

CONCLUSION :

Le contrôle du stade larvaire en écloserie comprend des techniques relativement lourdes à mettre en oeuvre telles que la quantification des bactéries dans les milieux d'élevage et dans les cultures d'algues ou la reconnaissance des souches de Vibrio. Elle fait aussi appel à des techniques simples telles que la détection des lipides par colorimétrie pour dé-

terminer la compétence des larves à leur état de santé, et l'épifluorescence pour surveiller l'ingestion et la digestion du phytoplancton par les larves. Ces deux techniques sont aussi applicables aux larves du milieu naturel.

III. LE STADE POSTLARVAIRE.

Dans les écloseries, lorsqu'on dispose de lots de larves compétentes sur lesquelles on fait varier des facteurs externes tels que la température, l'hydrodynamisme, la nature du substrat, la lumière, la nourriture dont les valeurs ont été déterminées empiriquement pour chaque espèce, on constate que, parfois, de fortes proportions de larves ne se métamorphosent pas. Aussi, pour lever cette incertitude, des recherches ont été entreprises afin d'augmenter et surtout stabiliser le taux de métamorphose. Deux voies se sont montrées fructueuses : l'addition dans le milieu soit de substances biochimiques, soit de souches bactériennes.

A. Substances biochimiques inductrices de la métamorphose.

Nous retiendrons trois exemples de recherches sur les substances organiques induisant la métamorphose.

L'effet de l'acetazolamide sur la fixation des larves de l'Huître néo-zélandaise *Ostrea lutaria* a été découvert par NIELSEN (1973). Le but de cet auteur était de rechercher un moyen pour empêcher cette huître de se fixer. Comme, chez les *Ostreidae*, la fixation se réalise grâce au dépôt d'un ciment calcaire sur le substrat, cet auteur a recherché une substance inhibitrice de la calcification, en l'occurence l'acetazolamide, dont l'action anticalcique avait été démontrée par WILBUR et JODREY (1955). Contrairement à toute attente, les lots ayant reçu de l'acetazolamide avaient un taux de fixation supérieur aux témoins. Par exemple, à la concentration de 10^{-4}M d'acetazolamide le nombre de fixations était 5 fois celui du témoin.

La démarche de COCHARD et CHEVOLOT (comm. pers. 1983) est différente. Ces auteurs ont constaté que la présence de Rhodophycées, telles que *Dilsea carnosa* et *Delesseria sanguinea* intensifiait la métamorphose des larves de *Pecten maximus*. Ils ont donc recherché dans ces algues la substance active qui s'est révélée être la cyclohexadienone, dont la synthèse est possible. Les auteurs recherchent actuellement l'activité de composés analogues et leur action sur d'autres espèces de Bivalves et de Gasteropodes.

Les recherches de MORSE et de son équipe, ont débuté en 1978 en ce qui concerne la métamorphose et ont donné lieu à une abondante littérature (MORSE, 1978, 1980, 1981 ; MORSE et al., 1979a, b, 1980a, b, c, 1981). Travaillant à l'origine sur la métamorphose des larves d'Haliotis, ils ont étendu leurs résultats à des Bivalves cultivés (*Ostreidae*, *Pectinidae*, *Mytilidae*). Pour les *Haliotidae*, les résultats obtenus sont particulièrement spectaculaires et sont désormais utilisés régulièrement dans les écloseries californiennes. En effet (MORSE et al., 1979) ont montré que des larves compétentes d'*Haliotis rufescens* pouvaient se fixer à 100 % immédiatement après addition d'acide γ-aminobutyrique (Gaba) dans l'eau des bacs d'élevage à la concentration de 10^{-6}M. D'autres acides aminés ou dérivés ont montré la même efficacité, en particulier la 3,4 dihydroxyphenylalanine (Dopa). En approfondissant le mécanisme d'action de ces substances MORSE et ses collaborateurs ont constaté qu'un flux d'ions Ca^{++} et d'acide adénylique cyclique (AMPc) pénètrait dans la larve avant la métamorphose et que cet échange était précédé par un rejet d'ions Cl^{-}. D'où la possibilité d'induire la métamorphose

en plaçant les larves dans des milieux de composition ionique contrôlée.

B. Souches bactériennes inductrices de la métamorphose.

Dès 1938, ZOBELL constatait que les larves d'invertébrés marins ne se fixaient que sur les substrats recouverts d'un film bactérien. Cette constatation a été confirmée par plusieurs auteurs, dont certains ont apporté d'intéressantes précisions. Ainsi, le film bactérien doit être vivant ; s'il est soumis à un rayonnement U.V., il perd toute efficacité (KISELEVA, 1966), par contre les résultats sont aussi bons si le film est enlevé des parois et mis en suspension dans le milieu (WILLIAMS, 1963). Il semble donc bien qu'il s'agisse d'une substance (ou d'un groupe de substances) sécrétée par des bactéries vivantes et diffusant dans le milieu.

Très vite, on s'est rendu compte que cette sécrétion n'était pas le fait de toute bactérie marine, mais seulement de certaines souches (MILLER et al., 1948 ; GRAY, 1967).

Un renouvellement du problème vient d'être réalisé par WEINER et COLWELL (1982) qui ont constaté les effets positifs d'une bactérie désignée L S T sur la métamorphose de *Crassostrea virginica*. La souche L S T, de type Vibrio, a pour particularité de produire de la mélanine dont un des précurseurs est la D O P A. Ainsi, dans ce cas, la sécrétion bactérienne favorable à la métamorphose serait en quelque sorte "marquée" par le pigment particulier de la bactérie. Il reste à voir si d'autres souches bactériennes productrices de mélanine montrent la même activité.

CONCLUSION :

Les études sur la métamorphose permettent d'envisager un contrôle chimique (soit avec des substances biochimiques, soit avec des solutions ioniques) de la métamorphose. Il reste à comparer entre elles toutes les méthodes qui ont été proposées (il y en a d'autres que celles exposées ici) pour les adapter à une espèce précise. Ainsi, il semble bien que le Gaba soit particulièrement efficace sur Haliotis puisque le taux de métamorphose est invariablement de 100 %.

Sur le plan théorique, il est intéressant de faire un parallèle entre fécondation et métamorphose. Dans les deux cas, il s'agit de l'activation d'un organisme (l'ovocyte ou la larve) rempli de réserves dont l'évolution est stoppée. Pour que cette évolution soit débloquée, il faut un stimulus externe, un messager biochimique à action interne (Méthy -adénine ou analogue pour la méïose ovocytaire, gaba ou analogue pour la métamorphose) et des échanges ioniques, notamment de Ca^{++}, Na^{+}, H^{-} et Cl^{-} entre l'organisme et le milieu.

Dans les deux cas, l'"activation" comporte d'une part des divisions de noyaux : méïose puis mitoses de segmentation pour l'ovocyte, histogénèse accélérée pour la larve ; d'autre part, des activités enzymatiques cataboliques intenses et subites (vitellolyse dans l'ovocyte ; dégradation lipidique et histolyse chez la larve) qui apportent énergie et matériaux pour les synthèses nouvelles.

CONCLUSION GENERALE :

Dans la présente mise au point, nous n'avions pas pour but d'exposer toutes les conditions nécessaires pour réaliser un développement contrôlé des Bivalves marins. Il n'est pas

certain qu'un tel travail soit actuellement possible, en raison de notre état d'ignorance d'une part sur la physiologie de chaque espèce de Bivalve à tous les stades de développement, d'autre part sur la qualité du milieu qui dépend de tant d'équilibres, de synergies, de substances traces, dont le bilan est loin d'être achevé pour les organismes étudiés.

Parti du fait que les élevages de Bivalves sont couramment réalisés dans les écloseries en appliquant des règles empiriques, nous avons cherché à voir comment, dans certains cas, il était possible d'en améliorer le contrôle.

La condition nécessaire pour que le contrôle d'un phénomène soit possible est une connaissance fondamentale approfondie de celui-ci. Mais cette condition n'est pas suffisante, il faut en outre établir un critère simple et accessible vérifiant le bon état de l'organisme au stade considéré. Par exemple, la connaissance de la teneur des larves en lipides neutres a permis de voir qu'un taux minimal de ces substances était requis pour que la larve soit apte à la métamorphose. Ceci a été mis en évidence grâce à des analyses chimiques réalisées sur 10 000 larves (ou davantage), mais ce n'est pas là une méthode applicable en routine. Seule la mise au point de la méthode colorimétrique a permis de proposer un contrôle pratique, certes moins rigoureux, mais suffisamment explicite pour établir un diagnostic.

A nos yeux, cet exemple a valeur générale et nous pensons que de proche en proche, les stades critiques du développement seront progressivement analysés, compris et caractérisables de façon simple et accessible.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

ALLEN Jr, S.K., GAGNON, P.S., et HIDU, H., 1982 - Induced triploidy in soft-shell clam (*Mya arenaria*) : cytogenic and allozomic confirmation.
J. Hered., 73 : 421-428.

ALLEN Jr, S.K., et STANLEY, J.G., 1979 - Polyploid mosaics induced by cytochalasin B in landlocked Atlantic Salmon *Salmo salar*.
Trans. Am. Fish. Soc., 108 : 462-466.

BABINCHAK, J., et UKELES, R., 1979 - Epifluorescence microscopy, a technique for the study of feeding in *Crassostrea virginica* veliger larvae.
Mar. Biol., 51 : 69-76.

BAYNE, B.L., 1965 - Growth and delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.).
Ophelia, 2 : 1-47.

CALABRESE, A., et DAVIS, H.C., 1970 - Tolerances and requirements of embryos and larvae of bivalve molluscs.
Helgol. Wiss. Meeresunters, 20 : 553-564.

CHIA, F.S., et RICE, M.E., 1978 - Settlement and metamorphosis of marine invertebrates larvae.
Elsevier.

DAVIS, H.C., 1950 - On food requirements of larvae of *Ostrea virginica*.
Anat. Rec., 108 : 132-133.

DAVIS, H.C., et GUILLARD, R.R., 1958 - Relative value of ten genera of microorganisms as food for oysters and clam larvae.
Fish. Bull. Natl. Mar. Fish. Serv., 136 : 293-304.

DOREE, M., MOREAU, M., et GUERRIER, P., 1978 - Hormonal control of meiosis. In vitro induced released of calcium ions from the plasma membrane in starfish oocytes.
Exp. Cell. Res., 115 : 251-260.

DUBE, F., DUFRESNE-DUBE, L., et GUERRIER, P., 1982 - Sperm nuclear decondensation in *Barnea candida* (Mollusca, Pelecypoda) oocytes does not require germinal breakdown.
Journ. Exp. Zool., 221 : 383-387.

DUBE, F., et GUERRIER, P., 1982a - Activation of *Barnea candida* (Mollusca, Pelecypoda) oocytes by sperm or KCl but not by NH_4Cl, requires a calcium flux.
Developmental Biol., 92 : 408-417.

DUBE, F., et GUERRIER, P., 1982b - Acid release during activation of *Barnea candida* (Mollusca, Pelecypoda) oocytes.
Develop. Growth and Differ., 24 (2) : 163-171.

DUFRESNE-DUBE, L., DUBE, F., GUERRIER, P., et COUILLARD, P., 1983 - Absence of a complete block to polyspermy after fertilization of *Mytilus galloprovincialis* (Mollusca, Pelecypoda) oocytes.
Sous presse.

ELSTON, R.L., et LEIBOVITZ, L., 1980 - Pathogenesis of experimental vibriosis in larval american oysters, *Crassostrea virginica*.
Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37 : 964-978.

ELSTON, R.L., RELYEA, D., et ZATILA, J., 1981 - Diagnosis of vibriosis in a commercial oyster hatchery epizootic, a case history.
Aquaculture, 24 : 53-62.

EPEL, D., 1978 - Le programme de la fécondation.
"Pour la Science" 3 : 34-45.

GABBOTT, P.A., et HOLLAND, D.L., 1973 - Growth and metabolism of *Ostrea edulis* Larvae.
Nature, London, 241 : 475-476.

GALLAGER, S.M., et MANN, R., 1981 - Larval bivalve condition index based on lipid content visualized with lipid specific stains.
ICES C.M./1980/F : 20 : 9 p.

GINSBURG, A.S., 1974 - Fertilization of eggs in Bivalve Molluscs under different conditions of insemination.
Akademia Nauk U.R.S.S. Ontogenese 3 (4) : 341-348 - Pl. 2 et 3 (en russe, résumé anglais).

GINSBURG, A.S., 1975 - The role of spermatozoa concentration in the process of gamete coupling in Bivalve Molluscs.
Biol. Morya. 1 : 51-57 (en russe, résumé anglais).

GRAY, J.S., 1967 - Substrate selection by the archiannelid *Protodrilus rubropharyngeus*.
Helgol. Wiss. Meeresunters. 2 : 105-116.

GUERRIER, P., DUBE, F., et MOREAU, M., 1981 - External calcium requirements for oocyte maturation in the surf clam *Spisula solidissima*.
Biol. Bull., 161 : 335 p.

GUILLARD, R.L., 1959 - Further evidence of the destruction of bivalve larvae by bacteria.
Biol. Bull., 55 : 260-282.

HIDU, H., et TUBIASH, H.S., 1963 - A bacterial basis of the growth of antibiotic-treated bivalve larvae.
Proc. Natl. Shellfish. Ass., 54 : 25-39.

HIDU, H., et UKELES, R., 1964 - Dried unicellular algae as food for larvae of the hard shell clam *Mercenaria mercenaria*.
Proc. Natl. Shellfish. Ass., 55.

HOLLAND, D.L., et SPENCER, B.E., 1973 - Biochemical changes in fed and starved oysters, *Ostrea edulis* L., during larval development, metamorphosis and early spat growth.
J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 53 : 287-298.

HOLLAND, D.L., 1978 - Lipid reserves and energy metabolism in the larvae of benthic marine Invertebrates.
Bioch. Biophys. Perspect. Mar. Biol., 4 : 85-123.

KISELEVA, G.A., 1966 - Factors stimulating larval metamorphosis of the bivalve mollusk, *Brachidontes lineatus* (Gmelin).
Zool. Zh., 45 : 1571-1572.

LANGDON , C.J., 1983 - Growth studies with bacteria-free oyster *(Crassostrea gigas)* larvae fed on semi-defined artificial diets.
Biol. Bull. Woods. Hole, 164 (2) : 227-235.

LEIBOVITZ, L., 1978 - A study of vibriosis at a long Island shellfish hatchery.
CIEM Ref. CM/F : 17.

LE PENNEC, M., et PRIEUR, D., 1977 - Les antibiotiques dans les élevages de larves de Bivalves marins.
Aquaculture, 12 : 15-30.

LILLIE, F.R., 1929 - Problems of fertilization.
University of Chicago Press.

LONGWELL, C.A., et STILES, S.S., 1968 - Fertilization and completion of meiosis in spawned eggs of the American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin.
Caryologia, 21 : 65-73.

LONGWELL, C.A., et STILES, S.S., 1973 - Oyster genetics and the probable future role of genetics in aquaculture.
Malacol. Rev., 6 : 151-177.

LUCAS, A., 1980 - Problèmes de génétique, d'écophysiologie et de pathologie dans les écloseries de Bivalves.
Oceanis, 6 (5) : 511-533.

LUCAS, A., 1982 - L'alimentation des larves de Bivalves.
Oceanis, 8 : 363-388.

LUCAS, A., 1983 - Méthodes d'évaluation des rations alimentaires chez les microphages marins : l'exemple des larves de Bivalves.
Bull. Soc. Zool. Fr., 108 : 423-430.

LUCAS, A., et PRIEUR, D., 1974 - Le contrôle bactérien des élevages de larves de Bivalves.
Actes de Colloques CNEXO, 1 : 11-23.

LUCAS, A., et RANGEL, C., 1981 - Vitesses d'ingestion et de digestion du phytoplancton observées au microscope à épifluorescence chez les larves de *Mytilus edulis* (L.) (Bivalvia, Mollusca).
Haliotis, 11 : 171-180.

LUCAS, A., et RANGEL, C., 1983 - Detection of the first larval feeding in *Crassostrea gigas*, using the epifluorescence microscope.
Aquaculture, 30 : 369-374.

LOOSANOFF, V.L., DAVIS, H.C., et CHANLEY, P.E., 1953 - Behavior of clam larvae in different concentrations of food organisms.
Anat. Rec., 117 : 586-587.

MALOUF, R.E., et BREESE, W.P., 1977 - Food consumption and growth of larvae of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) in a constant flow rearing system.
Proc. Natl. Shellfish. Ass., 67 : 10 p.

MANAHAN, T.S., 1983 - The uptake and metabolism of dissolved amino-acids by Bivalve larvae.
Biol. Bull. Woods Hole, 164 (2) : 236-250.

MANAHAN, T.D., et CRISP, D.J., 1983 - Autoradiographic studies on the uptake of dissolved amino-acids from sea water by Bivalve larvae.
J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 63 (3) : 673-682.

MASSON, M., 1977 - Observations sur la nutrition des larves de *Mytilus galloprovincialis* avec des aliments inertes.
Mar. Biol., 40 : 157-164.

MARTIN, Y., et MENGUS, B., 1977 - Utilisation de souches bactériennes sélectionnées dans l'alimentation des larves de *Mytilus galloprovincialis* Lmk (Mollusque Bivalve) en élevages expérimentaux.
Aquaculture, 10 : 253-262.

MEADOWS, P.S., et WILLIAMS, G.B., 1963 - Settlement of *Spirorbis borealis* (Daudin) larvae on surfaces bearing films of micro-organisms.
Nature 198 : 610-611.

MILLAR, R.H., et SCOTT, J.M., 1967 - The larva of the oyster *Ostrea edulis* during starvation.
J. Mar. Biol. Ass. U.K., 47 : 475-484.

MILLER, M.A., RAPLAN, J.C., et WHEDON, W.F., 1948 - The role of slime film in the attachment of fouling organisms.
Biol. Bull. Woods Hole, 94 : 143-157.

MOREAU, M., GUERRIER, P., DOREE, M., et ASHLEY, C.C., 1978 - 1-Methylademine induced release of intracellular calcium triggers meiosis in starfish oocytes.
Nature, 272 : 251-253.

MORSE, D.E., 1978 - Biochemical and genetic control applied to critical stages in culturing abalone, II : Control of settling, metamorphosis and early development.
University of California Sea Grant Program Annual Report, University of California, La Jolla : 71 p.

MORSE, D.E., 1980 - Recent advances in biochemical control of reproduction, settling, metamorphosis and development of abalones and other molluscs : applicability for more efficient cultivation and reseeding.
Proc. Natl. Shellfish. Assoc., 70 : 132 p.

MORSE, D.E., 1981 - Biochemical and genetic control of critical physiological processes in molluscan life-cucles : basic mechanisms, water-quality requirements and sensitivities to pollutants ; final report.
University of California Sea Grant Program Biennial Report, University of California La Jolla : 83-87.

MORSE, D.E., DUNCAN, H., HOOKER, N., BALOUN, A. et YOUNG, G., 1980 - Gaba induces behavioral and developmental metamorphosis in planktonic molluscan larvae.
Federation Proceedings 39 : 3237-3241.

MORSE, D.E., HOOKER, N., DUNCAN, H., et JENSEN, L., 1979 - γ-aminobutyric acid, a neurotransmitter, induces planktonic abalone larvae to settle and begin metamorphosis.
Science 204 : 407-410.

MORSE, D.E., HOOKER, N., JENSEN, L., et DUNCAN, H., 1979 - Induction of larval abalone settlong and metamorphosis by y-aminobutyric acid and its congeners from crustose red algae. II : Applications to cultivation, seed production and bioassays ; principal causes of mortality and interference.
Proc. World Mariculture Soc. 10 : 81-91.

MORSE, D.E., HOOKER, N., et DUNCAN, H., 1980 - Gaba induces metamorphosis in *Haliotis* V : stereochemical specificity.
Brain Research Bulletin 5, Sup. 2 : 381-387.

MORSE, D.E., MORSE, A.D., et HOOKER, N., 1981 - Biochemical control of reproduction and larval recruitment in marine molluscs (Abstract).
Symposium Proceedings, International Society Invertebrate Reproduction, Newcastle : 47 p.

MORSE, D.E., TEGNER, M., DUCAN, H., HOOKER, N., TREVELYAN, G., et CAMERON A., 1980 - Induction of settling and metamorphosis of planktonic molluscan (*Haliotis*) larvae. III. Signaling by metabolites of intact algae is dependent on contact.
In *Chemical Signaling in Vertebrate and Aquatic Animals*, D. Muller-Schwarze, ed. Plenum, N.Y. : 67-86.

NIELSEN, S.A., 1973 - Effect of acetazolamide on larval settlement of *Ostrea lutaria*. *The Veliger* 16(1) : 66-67.

PASTEELS, J.J., et De HARVEN, E., 1962 - Etude au microscope du cortex de l'oeuf de *Barnea candida* (Mollusque Bivalve) et son évolution au moment de la fécondation, de la maturation et de la segmentation.
Arch. Biol. (Liege) 73 : 465-490.

PRIEUR D., 1981 - Nouvelles données entre les relations entre bactéries et Bivalves marins. *Haliotis*, 11 : 251-260.

PRIEUR, D., 1983 - Ingestion and digestion of bacteria by the larvae of the mussel, *Mytilus edulis*.
Journal of Molluscan Studies, (sous presse).

PRIEUR, D., et CARVAL, J.P., 1979 - Bacteriological and physico-chemical analysis in a Bivalve hatchery : techniques and preliminary results.
Aquaculture, 17 : 359-374.

PRIEUR, D., et LE ROUX, S., 1976 - Comparative growth of some algal populations and their associated bacteria in laboratory cultures.
10th Eur. Symp. Mar. Biól., 1 : 345-355.

PURDOM, C.E., 1972 - Induced polyploidy in Plaice (*Pleuronectes platessa*) and its hybrid with the flounder (*Platichthys flesus*).
Heredity, 29 : 11-24.

ROBERT, R., 1983 - Etudes sur les causes de la perturbation de la reproduction et du développement larvaire de *Crassostrea gigas* dans le bassin d'Arcachon.
Thèse de 3e cycle. Université de Bretagne Occidentale : 170 p.

STANLEY, J.G., ALLEN, S.K., et HIDU, H., 1981 - Polyploidy induced in the American oyster *Crassostrea virginica*, with cytochalasin B.
Aquaculture, 23 : 1-10.

STILES, S.S., et LONGWELL, C.A., 1973 - Fertilization, meiosis and cleavage in eggs from large mass spawnings of *Crassostrea virginica*.
Caryologia, 26 : 253-262.

RANGEL, C., 1983 - Contribution to the knowledge of phytoplankton digestion in early larvae of *Mytilus edulis*.
Journ. Moll. Studies. (sous presse).

UKELES, R., et SWEENY, B., 1969 - Influence of dinoflagellate trichocysts and other factors on the feeding of *Crassostrea virginica* larvae on *Monochrysis lutheri*.
Limnology and Oceanography, 14(3) : 403-410.

WALDOCK, M.J., et NASCIMENTO, I.A., 1979 - The triacylglycerol composition of *Crassostrea gigas* larvae fed on different algal diets.
Mar. Biol., 1 : 77-86.

WALNE, P.R., 1956 - Bacteria in experiments on rearing oyster larvae.
Nature, 178 : 91.

WALNE, P.R., 1958 - The importance of bacteria in laboratory experiments on rearing the larvae of *Ostrea edulis*.
Journ. Mar. Biol. Ass. U.K., 37 : 415-425.

WEINER, R.M., et COLWELL, R.R., 1982 - Induction of settlement and metamorphosis in *Crassostrea virginica* by a melanin-synthesizing bacterium.
Technical Report. Maryland Sea Grant. Program. College Park Maryland. UM. SG. T. S. 82-05, 44 p.

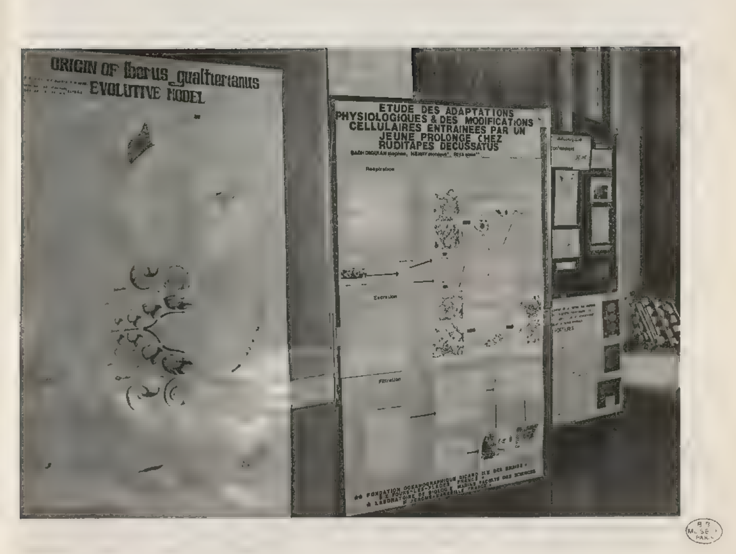
WILBUR, K.M., et JODREY, L., 1955 - Studies on shell formation V. The inhibition of shell formation by carbonic anhydrase inhibitors.
Biol. Bull. Woods Hole, 108 : 359-365.

WILSON, J.H., 1979 - Observation on the grazing rates and growth of *Ostrea edulis* L. larvae when fed algal cultures of different ages.
J. exp. mar. biol. ecol., 38 : 187-199.

ZIOMEK, C.A., et EPEL, D., 1975 - Polyspermy block of *Spisula* egg is prevented by cytochalasin B.
Science, 189 : 139-141.

ZOBELL, C.E., 1938 - The sequence of events in the fouling of immerged surfaces.
Off. Dig. Fed. Paint and Varnish Products clubs, 178 : 379-385.

POSTERS


ORIGIN OF Iberus_gualtieranus
EVOLUTIVE MODEL
ETUDE DES ADAPTATIONS PHYSIOLOGIQUES & DES MODIFICATIONS CELLULAIRES ENTRAINEES PAR UN JEUNE PROLONGE CHEZ RUDITAPES DECUSSATUS
Respiration
Excretion
Filtration
POSTERS



HALIOTIS, 14, 1984
p.161

CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DE LA CULTURE DES NAISSAINS DE PALOURDES JAPONAISES (*RUDITAPES PHILIPPINARUM* A&R) PAR EMPLOI D'EAU DE MER DE FORAGE: TRAVAUX PRELIMINAIRES.

par

Gilles PORTERES

Laboratoire de Biologie et Biochimie marines

IUT - 17026 LA ROCHELLE -Cedex

POSTER

ABSTRACT: CONTRIBUTION TO THE IMPROVEMENT OF THE SPAT-BREEDING OF THE CLAM *RUDITAPES PHILIPPINARUM* A&R: PRELIMINARY WORKS TO THE USE OF UNDERGROUND SEAWATER AS A WARMING-UP SOURCE IN WINTER.

Key-words: Growth, *Ruditapes*, temperature.

During winter the growth of the clam spat is stopped for two reasons:

-the falling temperature of the surface seawater

-the lack of particular food.

To elevate the temperature, the use of underground seawater was proposed. Its temperature and salinity remains constant all the year long: 15°C, 35°/₀₀ in the case of tested water in the Bassin of Marennes-Oléron, Charente Maritime. To study the properties and their compatibility with the breeding of Bivalves, the growth of clam has been observed, during the spring, the most favourable season to growth, for different dilutions of surface seawater (pomped estuary water) with underground water.

No particular food usable for growth has been found in underground water. Its high concentrations of ammonia (5.3 to 5.5 mg. l^{-1}) and iron (0.45 mg. l^{-1}) have not been an impediment to growth in diluted waters. The growth was proportional to the amount of natural food in the different environments which were tested.

In winter, the gain in temperature provided by the use of underground water must be accompanied by a supply of food. Tests are being carried on with inert nutriments. The great variability of physico-chemical properties of underground water from different boreholes requires study prior to their use.

RESUME:

Mots-clés: Croissance, *Ruditapes*, température.

Pendant la saison hivernale, la croissance des naissains de Palourdes est interrompue pour deux raisons:

-la baisse de température de l'eau de surface,

-l'insuffisance de nourriture particulaire dans le milieu.

Pour élever la température de l'eau, l'emploi d'eau de mer souterraine a été proposé. En effet, ces eaux conservent une température et une salinité constantes tout au long de l'année: 15°C et 35°/₀₀ dans le cas de l'eau testée dans le bassin de Marennes-Oléron (Charente-Maritime). Pour étudier les propriétés et la compatibilité de cette eau avec un élevage de Bivalves, la croissance de naissains de Palourdes est suivie pendant le printemps, période la plus favorable à la pousse, pour différentes dilutions de l'eau de surface (eau d'estuaire pompée) par de l'eau de forage.

L'eau souterraine ne contient aucun matériel particulaire utilisable pour la croissance mais de fortes teneurs en ammoniaque (5,3 à 5,5mg l^{-1}) et en fer (0,45mg l^{-1}) qui n'ont cependant pas constitué un obstacle à la croissance dans les eaux diluées. Celle-ci s'est avérée proportionnelle à la quantité de nourriture contenue dans les différents milieux proposés.

En hiver, le gain de température apporté par l'eau de forage doit être accompagné d'un apport de nourriture. Des essais d'aliments inertes sont en cours. La très grande variabilité des propriétés physico-chimiques des eaux d'un forage à l'autre exclut leur emploi direct et implique une étude préalable.

HALIOTIS, 14, 1984
p. 163

ETUDE DES ADAPTATIONS METABOLIQUES ET DES MODIFICATIONS CELLULAIRES ENTRAINEES PAR UN JEUNE PROLONGE CHEZ RUDITAPES DECUSSATUS, BIVALVE ENDOGE MEDITERRANEEN.

par
BAGHDIGUIAN S* HENRY M* et RIVA A**
* Faculté des Sciences et Techniques St Jérôme Marseille
** Fondation océanographique Ricard Les Embiez Six-Fours-les-Plages

ABSTRACT :

We had follow the physiological (respiration, excretion, filtration) and cellulars (digestive gland, branchial cell) modifications of the Ruditapes decussatus subject at a long fast of two months.
It appeard of this studying that the carpet shell metabolism is preferrentialy oriented to the protein utilisation as energetic substratum and after of the lipoproteines and the glucides. At the 35th day of fast, the filtration decrease of 85 %, this certainly to obtain the metabolic level longer. At least, it seems that the results obtain by an ecophysiological approach as been confirmed by the ultrastructural studies of the organs the most directly concern by the fast.

RESUME :

Nous avons suivi les modifications physiologiques (respiration, excrétion, filtration) et cellulaires (glande digestive, cellule branchiale) de Ruditapes decussatus soumis à un jeûne prolongé de deux mois.

Il ressort de cette étude que le métabolisme de la palourde est préférentiellement orienté vers l'utilisation des protéines comme substrat énergétique puis des lipoprotéines et des glucides.
Au 35ème jour de jeûne la filtration chute de 85 % au cours du jeûne, cela certainement afin de maintenir le niveau métabolique plus longtemps.
Il semblerait enfin que les résultats obtenus par une approche écophysiologique soient confirmés par l'étude ultrastructurale des organes les plus directement concernés par le jeûne.

C'est ainsi qu'au cours du métabolisme de routine, les images ultrastructurales de la glande digestive présentent aussi bien au niveau des cellules digestives que sécrétrices, une intense synthèse et utilisation de protéines et de nombreuses inclusions lipidiques.

Après un mois de jeûne les cellules de la glande digestive (C.S. et C.D.) montrent une diminution spectaculaire de leurs inclusions lipidiques, alors que les cellules sécrétrices possèdent un ERG toujours aussi abondant, un appareil de Golgi bien développé, et des grains de sécrétion en quantité non négligeable. On note aussi à ce stade, une évolution des cellules indifférenciées qui commencent à présenter des potentialités sécrétrices.

Enfin, à la suite de 40 jours de jeûne on note une désorganisation de l'ergastoplasme et la diminution des grains de sécrétion dans les cellules sécrétrices.

Les cellules digestives présentent quant à elles de très nombreuses mitochondries et d'importants amas de particules de glycogène.

HALIOTIS, 14,1984
p. 165 à 171

RECHERCHES PRELIMINAIRES SUR L'UTILISATION D'UN ALLIAGE CUPRO-NICKEL POUR LA VENERICULTURE *(RUDITAPES DECUSSATUS)*

par

Monique HENRY et Eric FARITIET*

Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme
Laboratoire de Biologie Marine
Rue Henri Poincaré - 13397 Marseille Cedex 13

ABSTRACT : RESEARCHES ON UTILIZATION OF A COPPER-NICKEL ALLOY FOR CLAM CULTURE *(VENERUPIS DECUSSATA)*.

The copper-nickel alloy netting (90 % Cu, 10 % Ni), actually used for fish cages and shellfish panels has outstanding resistance to both corrosion and biofouling in seawater, but its biological effects upon culture organisms are not quite well known.

The aim of this work is to analyse :

- the rate of copper and nickel released in seawater,
- the biological effects of copper-nickel alloy on a bivalve mollusc the clam, *Ruditapes decussatus :* experiments are achieved *in vivo* and *in vitro*.

In open seawater, bioaccumulation of copper and nickel is measured into cultured clams. The *in vitro*, analysis, shows a high level of toxicity and concentration of copper in the clams ; the accumulation of copper in the phagocytic cells of the clam gills is seen by scanning transmission electron microscope and ray·X microanalysis.

RESUME

Le grillage en alliage cupro-nickel (90 % Cu, 10 % Ni) utilisé actuellement pour la confection de cages d'aquaculture de poissons et de casiers de coquillages, possède une grande résistance à la corrosion et aux salissures marines mais ses effets biologiques sur les organismes cultivés sont peu connus.

Le présent travail analyse :

- le taux de relargage en cuivre et en nickel du grillage dans l'eau de mer,
- les effets biologiques de l'alliage cupro-nickel du grillage sur un mollusque bivalve, la palourde *Ruditapes decussatus*. En milieu naturel, la bioaccumulation du cuivre et du nickel est mesurée sur les palourdes cultivées. L'analyse, *in vitro*, révèle une forte toxicité et une forte concentration du cuivre dans les palourdes ; l'accumulation du cuivre dans les cellules phagocytaires des branchies de palourdes est visualisée par microscopie électronique à balayage en transmission et microanalyse des rayons X.

Key-words : Aquaculture-Copper - nickel alloy - clam.

Mots clés : Aquaculture - alliage cupro-nickel - palourde.

INTRODUCTION

L'utilisation de l'alliage cupro-nickel pour les cages d'aquaculture de poissons et les casiers de coquillages est un concept développé par l'INCRA** sur la côte du Maine depuis 1977. Cet alliage est maintenant testé et utilisé dans le monde entier. Les cages et les casiers sont résistants à la corrosion et ont une durée de vie estimée à plus de 10 ans.

----

* avec l'assistance technique de la Cellule Mer et Aquaculture du Conseil Régional PACA. Contrat CR n° 82/3208 PE.

** International Copper Research Association.

De plus, les cages résistent aux salissures (biofouling) et aux dommages causés par les prédateurs supprimant ainsi les deux principaux défauts des filets en nylon utilisés communément en aquaculture (HUGUENIN and ANSUINI, 1980).

Il nous a paru indispensable d'approfondir les données concernant le taux de relargage en cuivre et en nickel du grillage dans l'eau de mer. Parallèlement l'accumulation des métaux dans les organismes cultivés doit être mesurée et leurs effets biologiques testés.

Nous nous sommes donc tout particulièrement attachés à étudier ces problèmes par des expérimentations menées parallèlement en laboratoire et en milieu naturel.

MATERIEL ET METHODES

1/ Animaux :

Le mollusque bivalve choisi est la palourde *Ruditapes decussatus* adulte, de taille moyenne comprise entre 34 et 39 mm, récoltée dans l'étang de Thau en Méditerranée.

2/ Expérimentations :

2.1. Etudes en milieu naturel.

2.1.1. Vieillissement du grillage en mer.

Dans le but de rechercher les meilleures conditions d'utilisation du grillage pour l'aquaculture, nous avons immergé en pleine mer, une série de plaques en cupro-nickel que nous avons prélevées respectivement au bout de 2, 4 et 12 mois pour les tester *in vitro*.

2.1.2. Suivi des palourdes en mer.

Les expériences en mer ouverte se déroulent à la Madrague (presqu'île de Giens VAR). Des casiers cubiques en alliage cupro-nickel de 0,064 m^3 contenant 100 palourdes sont enfouis sur 15 cm dans un sédiment sablo-vaseux, et étudiés comparativement à des lots témoins en filets de nylon.

2.2. Modèle expérimental *in vitro*

Une plaque de grillage en alliage cupro-nickel (alliage : 90 % Cu, 10 % Ni, surface 0,16 m^2, poids 280 g, vide de maille 10 mm) est immergée dans un aquarium de matière plastique. Les aquariums contiennent 15 litres d'eau de mer à 30 ‰, 19° C, pH 8. L'oxygénation est assurée par un léger bullage (teneur en O_2 de 6 mg/l) uniformément réparti sous le grillage grâce à un fin tuyau de plastique percé. Nous pouvons ainsi mesurer les quantités de métaux relarguées dans l'eau de mer en fonction du vieillissement du grillage.

De plus, des lots de palourdes (50 par aquarium de 15 litres) sont testés en présence de plaques neuves et vieillies durant 2, 4 et 12 mois. Des prélèvements sont effectués à 1 h, 4 h, 22 h, 3 j, 4 j et 5 j, ainsi que dans les bacs témoins pour étudier les quantités de cuivre et de nickel accumulées dans les animaux entiers et l'ultrastructure de leurs branchies. Corrélativement, le pourcentage d'animaux morts en fonction du temps est déterminé.

2.3. Méthodes d'analyse chimique

L'analyse des traces métalliques dans l'eau de mer sera effectuée par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme selon CETEMA, 1975 et l'analyse des organismes marins, par spectrophotométrie d'absorption atomique selon JOHANSSON, 1975.

2.4. Méthodes d'analyse cytologique

Les animaux prélevés sont immédiatement disséqués et les branchies sont fixées selon MOORE and LOWE, 1977. Les coupes ultrafines sont effectuées sur un ultramicrotome (LKB ultratome V) et divisées en 2 lots :

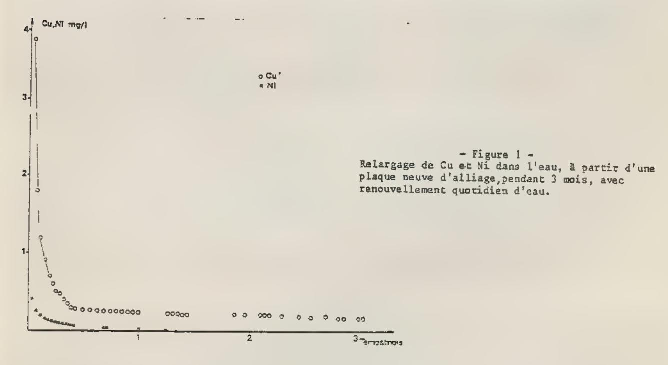
- les unes sont contrastées à l'uranyle-plomb et examinées au microscope électronique Philips EM 400 T

- les autres ne sont pas contrastées mais carbonées (200 Å) sous vide pour examen au microscope électronique à balayage en transmission (S.T.E.M.) avec analyse simultanée des rayons X émis à l'aide d'un détecteur Sili (Tracor)*

RESULTATS ET DISCUSSION

1/ Cinétique de relargage du Cu et du Ni dans l'eau, pendant 3 mois, avec renouvellement d'eau.

L'étude, réalisée à partir d'une plaque neuve immergée dans de l'eau de mer renouvelée tous les jours, permet de tracer la courbe de relargage du cuivre et du nickel dans l'eau en fonction du temps (figure 1).



- Figure 1 -
Relargage de Cu et Ni dans l'eau, à partir d'une plaque neuve d'alliage, pendant 3 mois, avec renouvellement quotidien d'eau.

Cette courbe permet de constater que les relargages de cuivre et de nickel sont très élevés en début d'expérience et diminuent notablement en fonction du temps.

En ce qui concerne le cuivre, le taux de relargage passe de 3,8 mg/Cu/l en début d'expérience à 0,3 mg Cu/l au 20è jour et 0,2 mg Cu/l au bout de 3 mois.

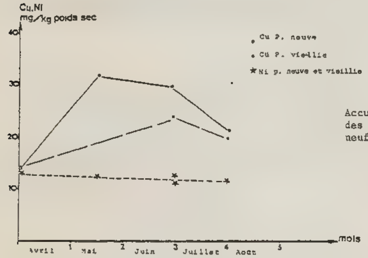
2/ Suivi des palourdes en milieu naturel

Toxicité : durant la première semaine une mortalité de 20 % est constatée dans

* Service commun de Microscopie Electronique de la Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme - Marseille. Nous remercions Monsieur M. PASSEREL pour sa compétence dans les techniques d'analyse des rayons X.

les casiers métalliques et les témoins en filets ce qui correspond vraisemblablement à une période d'adaptation des animaux au niveau site. Pendant les quatre mois suivants nous n'observons plus aucune mortalité.

<u>Bioaccumulation</u> : les quantités de Cu et Ni accumulées en fonction du temps dans les palourdes cultivées dans les casiers en cupro-nickel neuf et vieilli 1 mois sont résumés dans la figure 2.



- Figure 2 -
Accumulation du Cu et Ni au cours du temps, dans des palourdes cultivées en casiers de cupro-nickel neuf et vieilli un mois (milieu naturel).

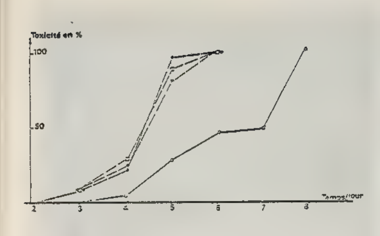
Nous constatons l'accumulation du cuivre dans les animaux pendant le premier mois puis son relargage, phénomène notablement plus fort dans les palourdes cultivées en grillage neuf (——) que vieilli (— —). Par contre les animaux relarguent constamment le Ni sans jamais en accumuler.

En milieu naturel donc, aucune toxicité n'est imputable au grillage cupro-nickel à moyen terme. L'intérêt d'utiliser un grillage préalablement vieilli est confirmé ; de plus les taux de cuivre mesurés dans les animaux après 4 mois de culture sont acceptables car inférieurs aux normes de consommation (G.I.P.M., 1973).

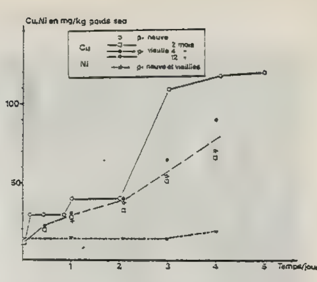
3/ <u>Toxicité et bioaccumulation du cuivre et du nickel *in vitro*</u>

<u>Toxicité</u> : Les palourdes testées en présence d'une plaque neuve ferment aussitôt leurs valves et ne s'entrouvrent que 24 heures après sans qu'apparaissent pied et siphons. Les palourdes témoins et celles en contact avec les plaques vieillies sont toujours ouvertes pied et siphons apparents. L'étude des pourcentages de mortalité a permis de construire les courbes de mortalités présentées dans la figure 3. Les plaques vieillies engendrent le même taux de mortalité dans les mêmes temps alors que la plaque neuve engendre des taux de mortalité atteignant aussi 100 % mais décalées dans le temps. Ceci s'explique par le fait que les animaux se ferment en début d'expérience.

<u>Bioaccumulation</u> : les quantités de Cu et de Ni dans les palourdes mises en présence de plaques neuves et vieillies 2, 4, et 12 mois sont représentées dans la figure 4.



- Figure 3 -
Pourcentage de mortalité de palourdes cultivées *in vitro* en présence de plaques neuves (o) et vieillies 2 (□), 4 (●) et 12 mois (✱).



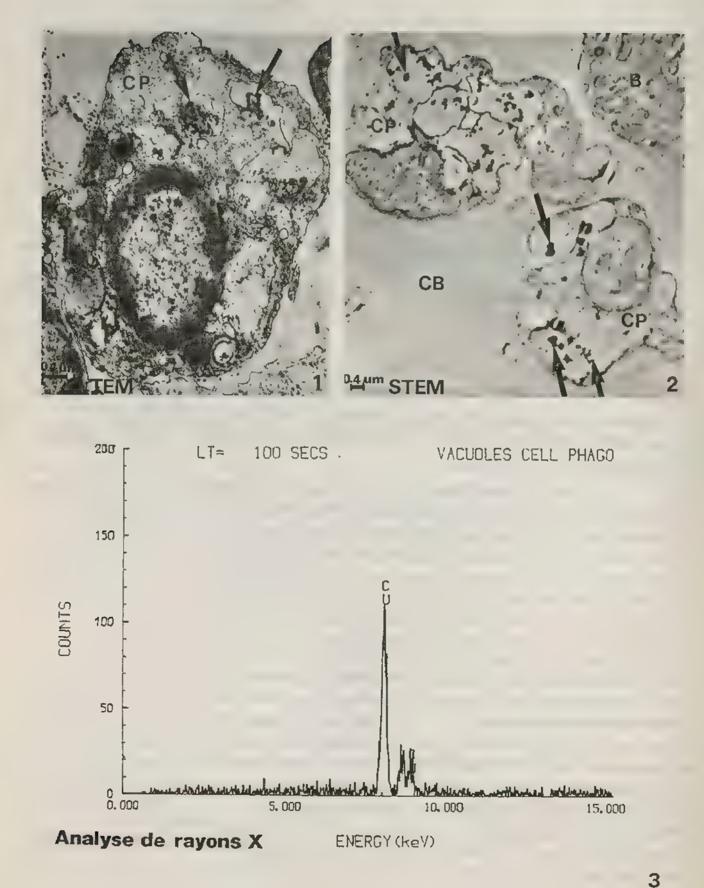
- Figure 4 -
Quantités de Cu et Ni accumulées dans des palourdes cultivées, *in vitro*, en présence de plaques neuves et vieillies 2, 4 et 12 mois.

Le relargage important du cuivre par la plaque neuve engendre la fermeture des palourdes et donc un plateau (arrêt de bioaccumulation) ainsi qu'une mortalité plus tardive. Par contre avec les plaques vieillies le relargage du cuivre étant fortement diminué, les palourdes ne sont pas stressées ; elles accumulent régulièrement et meurent de façon plus continue mais plus rapidement.

Localisation ultrastructurale du cuivre dans les branchies: après 24 h. de contamination *in vitro* les filaments branchiaux (B) sont altérés (Faritiet, 1983) et montrent dans la cavité branchiale (CB) de nombreuses cellules phagocytaires (CP) (photo 1 et 2). Ces cellules présentent de larges vacuoles contenant un matériel dense aux électrons (photo 1⟶). L'étude du contenu de ces vacuoles repérées en S.T.E.M. (photo 2⟶) permet d'y détecter, par analyse des rayons X, la présence de cuivre (graphique 3). Les fortes accumulations et mortalités semblent liées aux conditions *in vitro*.

CONCLUSIONS

Les résultats obtenus en milieu naturel et en laboratoire montrent l'importance d'un "prémarinage" ou vieillissement du grillage en alliage cupro-nickel pendant un mois en accord avec Huguenin (1975, 1979, 1980). De plus l'alliage semble être non toxique en milieu naturel et les quantités de cuivre accumulées au bout de quatre mois restent faibles et compatibles avec la consommation des palourdes. L'effet antifouling remarquable de l'alliage signalé par Efird (1975) et Huguenin (1975) est confirmé au cours de nos expériences : aucun brossage de grillage contre deux nettoyages de filets colmatés pendant 4 mois. En conséquence l'alliage cupro-nickel résistant au biofouling, et non toxique pour les palourdes et autres mollusques (observations en cours) nous semble une voie intéressante pour la conchyliculture dans les conditions d'utilisation prédéterminées.



Figs 1 et 2 : Repérage de grains denses (→) dans des vacuoles de cellules phagocytaires (CP) de la cavité branchiale (CB). Branchie (B) étudiée au microscope électronique à transmission (TEM) puis en transmission à balayage (STEM).

Fig. 3 : Détection de la présence de Cuivre, dans les grains, par analyse de rayons X.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

C.E.T.A.M.A. Commissariat à l'Energie Atomique, 1976.- Analyse des traces métalliques dans l'eau de mer. Norme AFNOR D 90-112 : 55-60, *in : Manuel des méthodes de prélèvements et d'analyses*. 2 - Micropolluants organiques et minéraux. Réseau national d'observation de la qualité du milieu marin : 1-101.

EFIRD K.D., 1975.- Interaction of corrosion and fouling for metals in sea water. Paper 124 presented at *"Corrosion 75" National Association of corrosion Engineers, Houston - Texas*.

FARITIET E., 1983.- Recherches sur l'utilisation d'un alliage cupro-nickel en Aquaculture. *D.E.A. Ecologie Méditerranéenne*. Laboratoire de Biologie Marine. St Jérôme - 13013 Marseille.

G.I.P.M., 1973.- Groupe Interministériel d'étude des problèmes de pollution de la mer. Pour une politique de lutte contre la pollution des mers. *La Documentation française*: 44.

HUGUENIN J.E., 1975.- The advantages and limitations of using copper materials in marine aquaculture. *I.E.E.E. Océan* : 444-453.

HUGUENIN J.E., FULLER S.C., ANSUINI F.J. and DODGE W.H., 1979.- Experiences with a fouling resistant Modular Marine. *Proceedings bioengineering. Symposium for Fish Culture*.

HUGUENIN J.E. and ANSUINI F.J., 1980.- The design, construction, testing and evaluation of Copper Based Commercial Prototype Equipment for use in Marine Aquaculture ; *in : Incra Project* n° 268.

JOHANSSON G.G., 1975.- Digestion Methods for the determination of the total content of heavy Metals *in : Manual of Methods in Aquatic Envir. Res.*, Part. 1. Methods for detection, measurment and Monitoring of Water Pollution. F.A.S. Fisheries Technical Paper : 137-200.

MOORE M.N. and LOWE D.M., 1977.- The Cytology and Cytochemistry of the hemocytes of *Mytilus edulis* and their responses to experimentally injected carbon particles. *J. invert. pathol.* 29 : 18-20.

CONCLUSIONS DU PROFESSEUR Pierre LUBET (UNIVERSITE DE CAEN - FRANCE)

Je me félicite de ce congrès et de ce symposium qui étaient très intéressants, car on a soulevé des points qui ne sont pas d'habitude abordés dans notre Société.

En particulier, tous les problèmes de relations trophiques, tant sur l'huître que sur la palourde, que jusque-là on n'avait pas abordées, tout au moins en France, et qui montrent un progrès considérable au niveau de la conception et du point de vue de la démarche scientifique et des bases biologiques de l'aquaculture.

Egalement, tout ce qui a été dit sur la reproduction, notamment par le Professeur Lucas, et notamment l'effort d'estimation quantitative et qualitative de la nature des réserves.

Puis tout ce qui concerne les bilans énergétiques et qui montre par rapport aux travaux anglo-saxons, un progrès considérable, tant au point de vue de la conception mathématique que de la conception physiologique, que des méthodes de mesures physiologiques.

Je crois que c'est quelque chose de très important qui se détache et c'est pour ça que l'on peut être particulièrement reconnaissant à Nardo Vicente, à son environnement scientifique, de nous avoir permis de discuter à un niveau qui est le niveau de base de la conchyliculture et de l'aquaculture, et avec évidemment ceux qui représentent la profession et qui sont aussi des chercheurs, mais qui sont à la cheville, et le dialogue, je pense, a été fructueux.

Je voudrais annoncer qu'un colloque va se tenir à Montpellier, j'en ai parlé à certains d'entre vous, c'est le colloque sur les bases biologiques de l'aquaculture, qui dépasse évidemment le cadre des mollusques qui va se tenir du 12 au 16 décembre. Ce colloque est la concrétisation de l'ATP "bases biologiques de l'aquaculture", qui a été lancé conjointement par le C.N.R.S. et le C.N.E.X.O. il y a deux ans.

Dans ce colloque vous allez avoir différentes sections, une sur les poissons, une sur les crustacés, et une sur les mollusques que l'on m'a chargé d'animer et où je retrouverai un certain nombre de participants et avec lesquels j'ai quelques problèmes techniques à traiter. Alors là aussi, on aura des communications sur tout ce qu'il y a en amont du mollusque, c'est-à-dire tout ce qui est la prise de nourriture, ce qu'est le bilan de cette prise de nourriture, sur les problèmes qui se posent à l'intérieur du tractus digestif et sur le bilan énergétique qui va résulter de ces transformations.

DISCOURS DE CLOTURE

Messieurs les représentants des Ministres,
Monsieur le Préfet Commissaire de la République
Monsieur le Préfet Maritime,
Messieurs les Maires,
Messieurs les Députés,
Messieurs les Consuls,
Messieurs les Présidents,
Chers Collègues, Chers Amis,

Le rideau est tombé ! Pour mieux se relever dans les mois qui vont suivre sur d'autres manifestations scientifiques comme celle que nous venons de vivre. Au-delà des résultats scientifiques et techniques dont nous avons débattu durant ces quatre journées, c'est l'amitié qui s'est forgée entre les participants qui demeurera. Un congrès n'est pas seulement un forum scientifique ou culturel mais l'occasion de rencontrer des hommes et des femmes qui ne parlent peut-être pas tous la même langue, mais qui sont faits de la même chair.

Une expérience humaine qui va permettre de renforcer des liens à travers des discussions qui sont toujours constructives.

Pour tout cela, je pense que le bilan de ces quatre journées est positif, et croyez-le, ce n'est pas là simple satisfaction de scientifique replié sur lui-même dans sa tour d'ivoire. Cette sorte de chercheur-là, ce Dinosaure, s'il existe encore, tend de plus en plus à disparaître. La science de nos jours sort de plus en plus des laboratoires pour aller au-devant de ceux qui doivent en récolter les fruits au même titre que le chercheur lui-même. Je veux parler de vous tous qui n'ayant pas participé au congrès êtes venus ce soir pour nous montrer l'intérêt que vous portez à nos travaux, je veux parler du grand public et des jeunes qui se pressent tous les jours au guichet de la Fondation Océanographique Ricard, avide de connaître et de savoir.

C'est pour eux que tous les chercheurs doivent travailler et non pas dans un but narcissique, jalousement retirés au fond d'un laboratoire.

L'ouverture sur la vie de tous les jours, les chercheurs de la Fondation Océanographique Ricard la pratiquent constamment, et il n'est pas facile de vulgariser pour faire passer des idées, des messages souvent peu perceptibles à l'état brut. Notre ami Alain BOMBARD le sait bien lui qui est un vulgarisateur de talent. Lorsqu'il s'adresse au grand public tout paraît simple et en l'écoutant on se sent intelligent.

C'est dans cet esprit que nous avons tenu notre congrès et notre symposium. Et quel lieu était mieux indiqué que l'Ile des Embiez, siège de la Fondation Océanographique Ricard, pour abriter nos réflexions. Cette île à quelques encâblures de la côte, ce joyau de la Méditerranée, est devenue un véritable paradis de la détente, des sports, de la culture et de la science.

Nous sommes redevables à M. Paul RICARD d'avoir su en faire ce qu'elle est, et nous saluons le fondateur de ce laboratoire qui permet à de jeunes chercheurs de s'exprimer dans un domaine où dans notre pays, hélas, si de nombreuses vocations ont été suscitées par les exploits de marins, de plongeurs et d'océanographes de haute réputation, bien peu ont été satisfaites. C'est un véritable mécénat qui se manifeste ici dont l'exemple devrait être suivi si l'on veut injecter un sang neuf et une vigueur nouvelle à la recherche scientifique de notre pays.

Ce laboratoire s'intéresse donc à l'exploitation des ressources marines littorales, à leur protection, à leur défense, à la lutte contre cette pollution née de la technicité humaine et qu'il faut maîtriser si l'on veut pouvoir bénéficier de la production marine à des fins économiques.

La Malacologie entre dans cette recherche et c'est pour cela que nous avons voulu cette année parler ici de Conchyliculture méditerranéenne. En effet, les coquillages entrent pour une grande part dans l'alimentation des pays riverains de la Méditerranée. Depuis la plus haute antiquité, l'homme a été attiré par la mer et a commencé à prélever tout près du rivage à la seule longueur de ses bras, des coquillages pour se nourrir, avant de s'aventurer plus. La conchyliculture est donc une activité ancienne. On s'est contenté pendant longtemps d'exploiter les gisements naturels, mais ceux-ci à la longue s'épuisent. La cueillette sauvage ne suffit plus et il faut donc aider cette mer généreuse à renouveler ces stocks, il faut la féconder. C'est le travail des conchyliculteurs qu'il soient chercheurs ou exploitants. La collaboration entre ces deux catégories est la condition *sine qua non* de la réussite de la conchyliculture comme de l'aquaculture en général sur notre littoral.

C'est là une oeuvre passionnante où le chercheur a sa place car nombre de problèmes fondamentaux ne sont pas encore résolus. Ils couvrent divers domaines : évaluation, dynamique des stocks, reproduction, génétique, pathologie, toxicologie ...

Tous ces aspects de la recherche ne peuvent plus de nos jours être conduits par des chercheurs isolés, les collaborations deviennent de plus en plus indispensables, de même que les regroupements de chercheurs et d'équipes afin d'éviter la dispersion des moyens, des hommes et des énergies.

Les pouvoirs publics ont un grand rôle à jouer dans ce domaine et prennent de plus en plus l'initiative de ces regroupements, l'initiative de lancer des études au niveau régional, national, internationsl. L'intérêt qu'ils portent aux travaux scientifiques est illustré par la présence d'un grand nombre de leurs représentants dans cette salle.

Je voudrais les remercier tous, mais je me garderai bien de les énumérer, car j'en oublieraiset ce serait injuste.

Qu'il me soit permis cependant de rappeler que de nombreux organismes nous ont aidés dans l'organisation de notre manifestation :
le CNEXO, qui patronne une partie de nos recherches,
l'ISTPM, intéressée au premier chef par la conchyliculture,
le Secrétariat d'Etat à la Mer, parmi les premiers à nous aider financièrement,
l'Université d'Aix-Marseille III, avec l'U.E.R. de Recherche Scientifique et Technique de

de St-Jérôme où j'enseigne,
la Société Ricard bien sûr, qui a participé tout au long à l'organisation de ce congrès et qui nous permet ce soir de nous retrouver tous ensemble dans cet hôtel de l'Ile des Embiez.

Je tiens à remercier tout particulièrement son Président Directeur Général M. Gérard SERIN, qui nous fait l'honneur d'être à nos côtés.
Et puis aussi M. ESTEVE, Maire de Six-Fours, commune dont dépend l'Ile des Embiez qui suit avec attention les travaux effectués à la Fondation et qui nous aide dans leur réalisation.

Les patronnages obtenus : Ministère des Relations extérieures
Ministère de l'Agriculture,
Ministère de l'Education Nationale
Secrétariat d'Etat à la Mer,
Secrétariat d'Etat à l'Environnement,
montrent bien l'intérêt porté à notre manifestation.

Mais la réussite, mes chers collègues et amis, c'est à vous qu'elle la doit, vous qui êtes venus des "quatre coins" de l'hexagone (comme on dit) et des pays amis riverains de la Méditerranée occidentale (Tunisie, Algérie, Espagne) et je ne saurais oublier nos amis Portugais qui sont proches de la Méditerranée. Seule fausse note, l'absence de nos amis Italiens.

Quatre jours de travaux, de discussions fructueuses dans une ambiance toujours agréable et détendue, ce n'est rien à côté des centaines d'heures passées dans un laboratoire ou sur le terrain avant d'aboutir aux résultats exposés au cours de ces journées. La recherche est une longue patience et ses retombées ne sont pas toujours immédiates. Mais le travail à la longue s'avère payant.

Le fondateur du laboratoire qui nous a accueilli a pour devise "Nul bien sans peine". Je pense que le chercheur pourrait également la faire sienne. Mais lorsqu'à la peine il nous est permis d'associer le plaisir, la joie de se retrouver tous ensemble dans ce cadre enchanteur de l'Ile des Embiez, alors le chercheur s'estime récompensé de ses efforts, prêt à repartir pour de nouveaux travaux.

Merci chers collègues d'avoir participé à ces journées, et lorsque vous serez de retour chez vous dans vos laboratoires, sachez que quelque part en Méditerranée, sur une petite île inondée de soleil, et alentours, nombreux sont ceux qui garderont le souvenir de votre passage ; et espèrent vous y revoir un jour pour d'autres activités de recherche ou tout simplement pour y gouter un repos bien mérité.

Merci à tous et au revoir !

Le Président de la Société
Française de Malacologie

Nardo VICENTE

COMITE DE LECTURE DE LA REVUE "HALIOTIS"

La S.F.M. remercie les personnes qui ont accepté de faire partie du Comité de lecture pour le volume 13 de Haliotis